

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Investigación

**Selección de lubricantes según la función de
componentes mecánicos**

Jose Carlos Villafuerte Araoz

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Mecánica

Arequipa, 2019

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Obra protegida bajo la licencia de "[Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0 Perú](#)"

INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCION.....	ix
CAPÍTULO I:.....	1
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	1
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1 Planteamiento del problema.....	1
1.1.2 Formulación del Problema.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
1.3 Justificación	2
1.4 Hipótesis y descripción de Variables.....	2
CAPÍTULO II.....	4
MARCO TEORICO	4
2.1 Antecedentes del Problema	4
2.2 Bases Teóricas	5
2.2.1 Fricción	6
2.2.2 Fricción Externa	6
2.2.3 Estados de Fricción.....	7
2.2.4 Factores que condicionan la fuerza de fricción.....	9
2.2.5 Coeficiente de fricción	9
2.2.6 Tipos de coeficiente de fricción	10
2.2.7 Desgaste de elementos.....	11
2.2.8 Tipos de desgaste.....	12
2.2.9 Problemas ocasionados por el desgaste	14
2.2.10 Lubricación.....	14
2.2.11 Regímenes de lubricación	15
2.2.12 Factores que influyen en la lubricación.....	17
2.2.13 Lubricantes:.....	19
2.2.14 Clasificación de Lubricantes.....	20

2.2.15 Viscosidad.....	22
2.2.16 Índice de Viscosidad:	23
2.2.18 Numero de Neutralización	24
2.2.19 Numero de Saponificación	24
2.2.20 Punto de Fluencia	24
2.2.21 Punto de Inflamación.....	24
2.2.22 Oleosidad	25
2.2.23 Clasificación de los aceites según norma.....	25
2.2.24 Aditivos	27
2.2.25 Aditivos polares	28
2.2.26 Mecanismos polares	28
2.2.27 Tipos de Aditivos para Lubricantes.....	29
2.2.28 Aditivos antioxidantes.....	30
2.2.29 Aditivos Inhibidores de herrumbe y corrosión	30
2.2.30 Aditivos mejoradores de índice de viscosidad	31
2.2.31 Aditivos con Agentes antidesgaste (AW).....	32
2.2.32 Aditivos de Extrema presión (EP)	33
2.2.34. Gestión en el proceso de Lubricación.....	34
2.2.35 Factores que influyen en la elección de un lubricante	35
2.2.36 Propiedades del Lubricante	36
2.2.37 Selección de Lubricante para Elementos Mecánicos.....	37
2.2.38 Selección de Lubricantes para cadenas	38
2.2.39 Método de Selección de lubricante para Cojinetes	39
2.2.40 Método de Selección de Lubricante para Engranajes.....	41
2.2.41 Procedimiento para la selección de un nuevo lubricante	42
2.2.42 Almacenaje y Manipulación de Lubricantes.....	44
2.2.43 Bodega de Lubricantes.....	45
2.2.44 Control de Inventarios	46
2.2.45 Gestión de Lubricación según datos obtenidos	47
2.2.46 Control de Fugas y Derrames.....	47
2.2.47 Personal de Lubricación	48
2.2.48 Implementación de un plan de Lubricación.....	49
2.2.49 Gestión de lubricantes usados	51
CAPÍTULO III:.....	53
METODOLOGIA	53

3.1 Método y Alcance de la investigación.....	53
3.1.1 Método Exploratorio:	53
3.1.2 Método Explicativo:	53
3.2 Tipo de Investigación	53
3.3 Población y muestra.....	54
3.3.1 Población	54
3.3.2 Muestra	54
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	55
3.4.1 Técnicas de Recolección de Datos	55
3.4.2 Instrumentos de Recolección de Datos	55
CAPÍTULO IV:	56
RESULTADOS Y DISCUSION	56
4.1 Resultados de Tratamiento y análisis de información.....	56
4.1.1 Factores que influyen en la selección del lubricante de distintos componentes y recomendaciones de trabajo	56
4.1.2 Tablas de Gestión de Mantenimiento de los Elementos analizados por semana..	57
4.1.3 Lubricantes Usados.....	60
4.1.4 Gráficos:.....	62
4.1.5 Evaluación de muestras	64
4.1.6 Reportes	65
4.2 Discusión de Resultados.....	66
CONCLUSIONES	68
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	69
ANEXOS.....	73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Desgaste entre dos superficies	14
Figura 2 Curva de Stribeck	16
Figura 3 Obtención de Aceites.....	22
Figura 4 Índice de Viscosidad de Aceites Lubricantes	23
Figura 5 Roles Básicos de los Aditivos	28
Figura 6 Aditivos usados para ciertos tipos de maquina	29
Figura 7 Cómo trabajan los inhibidores de corrosión	31
Figura 8 Cómo funcionan los aditivos antidesgaste y extrema presión	33
Figura 9 Grafico T vs Factor dn	40
Figura 10 Almacenaje de cilindros con lubricante	45
Figura 11 Personal realizando proceso de lubricación	49
Figura 12 Grasa Consistente multiusos	60
Figura 13 Lubricante LHMT 68 para cadenas	61
Figura 14 Lubricante LGMT 2 para cojinetes	61
Figura 15 Lubricante LFFG 220 para engranajes	61
Figura 16 Comparación de Disponibilidad Semana 1.....	62
Figura 17 Comparación de Disponibilidad Semana 2.....	62
Figura 18 Comparación de disponibilidad Semana 3	63
Figura 19 Comparación de disponibilidad Semana 4	63
Figura 20 Comparación de disponibilidad Semana 5	64
Figura 21 Comparación de muestras	65
Figura 22 Tipo de Reporte	65

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Selección de lubricante para cadenas.....	39
Tabla 2 Propiedades de los aditivos necesarios para lubricar engranajes	41
Tabla 3 Viscosidad según engranajes	42
Tabla 4 Lubricante a usar según las condiciones de trabajo	43
Tabla 5 Tiempo de vida aproximado de aceites	46
Tabla 6 Clasificación SAE para fugas de aceite.....	48
Tabla 7 Lista de población	54
Tabla 8 Propiedades de los lubricantes a usar.....	56
Tabla 9 Comparación de Tiempos de pare semana 1	57
Tabla 10 Comparación de Tiempos de pare semana 2	58
Tabla 11 Comparación de Tiempos de pare semana 3.....	58
Tabla 12 Comparación de Tiempos de pare semana 4.....	59
Tabla 13 Comparación de Tiempos de pare semana 5.....	59

RESUMEN

La finalidad del presente trabajo de investigación fue realizar un documento de apoyo acerca de la selección de lubricantes, según como funcionen y en qué condiciones estén en funcionamiento máquinas y componentes mecánicos, habiendo sido este uno de los objetivos principales, justificándose que en muchos casos esta práctica no fue tomada con la debida importancia, ya que es común observar fallas debido a malas prácticas en lubricación, y teniendo la hipótesis, de que, facilitando un documento que analice ciertas situaciones de trabajo, relacionándolas con los lubricantes a usar, se minimizaría costos y fallas. Previamente se tuvo que realizar un marco teórico para estudiar propiedades de componentes, máquinas y lubricantes, para una correcta selección y almacenaje, además de la selección de personal encargado de esta tarea. Una vez adquirido los conocimientos básicos se procedió a realizar los pasos para la selección de los lubricantes en distintas situaciones de trabajo. Luego se procedió a analizar resultados obtenidos a partir de situaciones de trabajo y temperatura para analizar el comportamiento de los lubricantes y sacar conclusiones con estos resultados.

PALABRAS CLAVE: Lubricación, elementos, muestras, análisis.

ABSTRACT

The purpose of this research work was to make a support document about the selection of lubricants, depending on how they work and under what conditions machines and mechanical components are in operation, this being one of the main objectives, justifying that in many cases this practice it is not taken with the due importance, since it is common to observe failures due to bad practices in lubrication, and having the hypothesis, that, by providing a document that analyzes certain work situations, relating them to the lubricants to be used, it would minimize costs and failures. Previously, a theoretical framework had to be carried out to study the properties of components, machines and lubricants, for a correct selection and storage, as well as the selection of personnel in charge of this task. Once the basic knowledge was acquired, the steps for the selection of lubricants in different work situations were carried out. Then proceeded to analyze results obtained from work situations and temperature to analyze the behavior of lubricants and draw conclusions with these results.

KEY WORDS: Lubrication, elements, samples, analysis.

INTRODUCCION

Es de conocimiento en el mundo tecnológico de hoy, que la lubricación paso a ser una actividad importante en lo que refiere a mantenimiento de equipos y componentes, para su correcto funcionamiento y alargar también el tiempo de vida de estos.

El presente trabajo tiene como finalidad, evaluar criterios de selección de lubricantes, según la función que cumplan los componentes mecánicos, separándolo y explicándolo en 4 capítulos:

En el primer capítulo se realizará el planteamiento del estudio, detallando la justificación del problema que conlleva el no seleccionar correctamente un lubricante, y los objetivos que alcanzaremos al finalizar este estudio.

En el segundo capítulo se presenta un marco teórico, que explicara, la mayoría de variables y objetos de estudio que requieran ser detallados para el entendimiento del funcionamiento de lubricantes, elementos mecánicos y maquinaria industrial en general.

En el tercer capítulo se detalla la metodología a seguir durante el proceso de investigación, aplicando en este caso una investigación de tipo Básica y Aplicada la cual se hará una recopilación de información para ir construyendo una base de conocimiento que aporte a investigaciones ya realizadas.

En el cuarto capítulo se presenta el desarrollo y los resultados de la investigación realizada, las muestras de lubricantes obtenidas y su análisis luego de un ciclo de trabajo.

Se finaliza con la presentación de las conclusiones a las cuales se llegó después de realizar el estudio, y la bibliografía, que es un punto fundamental ya que respalda toda la información recopilada.

CAPÍTULO I:

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

En la actualidad, la lubricación cumple un papel importante dentro del funcionamiento, ya sea interno o externo, de los diferentes equipos y herramientas mecánicas, ya que facilita la interacción de estos y su trabajo conjunto.

En muchos casos, esta labor ha llegado a ser realizada mediante sistemas de lubricación (automatizado), pero aun, en un gran porcentaje, se requiere una aplicación manual, por consiguiente, existe la probabilidad de una mala aplicación de lubricante, lo cual genera desgaste entre los elementos que interactúan en conjunto. Esta mala aplicación de lubricante, puede generar un menor tiempo de vida en el equipo, y daños que requieran el cambio de los componentes internos.

Este tipo de problemas se viene dando desde ya hace mucho tiempo atrás, según fueron avanzando las diferentes tecnologías en creación y construcción de máquinas.

Otro punto a considerar es que al tratarse de una labor en la cual uno tiene que estar en contacto con los lubricantes, ya sea para su selección, así como su aplicación, la derivan a personal de un bajo rango en la empresa donde laboran, descuidando así la correcta cantidad de lubricante a aplicar debido a la falta de supervisión.

El desconocimiento además del funcionamiento interno de una maquinaria, en especial las temperaturas y tiempos de trabajo de componentes, requieren un mayor estudio del tipo de lubricante a usar, ya que no todos los elementos cumplen una misma función, es por eso que es un punto muy importante a tratar.

1.1.2 Formulación del Problema

¿Se puede seleccionar un lubricante adecuado para un componente según la función que realiza?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Seleccionar, mediante el empleo de conocimientos mecánicos y físicos, el lubricante adecuado según la función de los componentes mecánicos

1.2.2 Objetivos específicos

Diseñar un plan de lubricación interno para distintos tipos de componentes de una maquina

Demostrar, mediante el análisis y recopilación de datos y antecedentes de fallas en máquinas y componentes mecánicos, la importancia de la selección de un lubricante para una tarea específica

Comparar muestras de distintos tipos de componentes, y observar las diferentes propiedades de los lubricantes seleccionados y aplicados.

1.3 Justificación

El presente trabajo, ayudara en la selección de lubricantes y su uso en los distintos tipos de elementos mecánicos, lo cual, a largo plazo, aumentara el tiempo de funcionamiento de dichos equipos, lo cual ayuda a preservar los bienes de una empresa, mejorando el tema de costos. Aporta también a mejorar los conocimientos teóricos previos adquiridos, en el área de Mecánica, Termodinámica y Fluidos, ya que estos serán llevados a la práctica, en una tarea de la vida real, la cual es empleada en el día a día.

1.4 Hipótesis y descripción de Variables

Hipotesis General

- Se puede seleccionar el lubricante adecuado según la función de un componente mecánico

Hipotesis Especificas

- Se puede diseñar un plan de mantenimiento conociendo la función de un componente mecánico.
- Es importante seleccionar un lubricante para tareas específicas que cumplan los componentes
- Se puede demostrar las propiedades de los lubricantes al aplicarse en distintos componentes.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes del Problema

La lubricación, es una parte vital dentro del funcionamiento de la maquinaria, y probablemente a desconocimiento de mucho, no fue necesariamente utilizado desde la creación de estas, ya que las labores de lubricación fueron usadas ya hace mucho tiempo atrás desde la aparición de herramientas rudimentarias que el hombre de antaño usaba para subsistir.

Existen diferentes fuentes del inicio de la práctica de esta labor, según la página especialista en lubricantes Bozza “una de las más notables fue en el antiguo Egipto, con la necesidad de transportar colosos y bloques para la construcción de esfinges y pirámides. Como el engrase era desconocido, los esclavos egipcios usaban esquejes de arvores para arrastrar y tirar de los trineos con aproximadamente 60 toneladas de bloques.” (Bozza, 2012)

La función de los esquejes de árbol (rolletes), era reducir el roce de deslizamiento entre el trineo y el suelo, transformándolos en roce de rodamiento.

Entonces, si en la antigüedad ya era necesario el uso de la lubricación, lo es más entonces en la actualidad, ya que los componentes que se utilizan ahora, trabajan a mayor velocidad, generando una mayor cantidad de revoluciones, por lo tanto, esto hace que aumente el factor de rozamiento y aumento de temperatura.

Si se habla de fallas en el funcionamiento de maquinaria por una mala práctica en lubricación, existen factores a analizar como la cantidad de lubricante usado, el tiempo de mantenimiento que se le dio al equipo y cada cuanto se hizo la lubricación, la elección del tipo de lubricante y porque se usó, etc. Todos estos puntos deben ser tratados al momento de diagnosticar una falla por mal empleo de lubricante, ya que, si los componentes dejan de funciones, por ende, lo hará también el equipo, y su disponibilidad se verá afectada, generando un costo mayor de mantenimiento y perdida en la producción, según sea una falla leve, que requiera un menor costo, a una falla catastrófica.

Noria, en su portal de información y análisis de muestras de lubricantes refiere lo siguiente a fallas: “Cuando nos referimos a una falla catastrófica, comúnmente hablamos de una falla repentina en una máquina que tiene como consecuencia un cese de operación. Las fallas catastróficas pueden causar daño no sólo al componente específico en cuestión, sino también

pueden causar daños colaterales. Tomemos como ejemplo un anillo de pistón que falla mientras el motor está en operación, causando que la biela atraviese la pared del cilindro, o el cojinete de un ventilador que falla debido a la falta de lubricación forzando a que la carcasa del ventilador o del motor salga literalmente disparada desde su base a través de la planta.” (Noria, 2015)

Para hacer la selección de una lubricante, se debe analizar en primer lugar la función del elemento a lubricar, a que temperatura trabaja, cuanto es su tiempo de trabajo, entre otras cosas.

Según fabricante se puede designar el tipo de lubricante, también hay disponibilidad de diferentes manuales, con la información necesaria para hacer un estudio de componentes y lubricantes, pudiendo así nosotros llegar a una conclusión respecto a su elección.

Un especialista en análisis de aceite, que pertenece al portal de Noria nos da la siguiente definición: “Los lubricantes multipropósito no pueden suministrar un servicio satisfactorio en los ambientes actuales de operación. El desempeño del lubricante debe ser optimizado para cumplir con las demandas de la industria moderna.” (D. Lauer, 2016)

“El primer paso para seleccionar el mejor lubricante para un equipo determinado es definir el sistema tribológico. Con un sistema tribológico completamente identificado en sitio, el siguiente paso es el análisis teórico. Seleccionar un lubricante basado en un análisis de lubricación EHD o en análisis de otros parámetros discretos es inapropiado, porque tales análisis están focalizados en un subconjunto del sistema tribológico.” (D. Lauer, 2016)

2.2 Bases Teóricas

La lubricación es un proceso mediante el cual se reduce la fricción entre dos partes móviles introduciendo un fluido para separar las dos superficies de contacto. El término "engrasado" se utiliza cuando se utiliza grasa como base lubricante. (F. Lefresne, 2016)

Nótese que hay una ligera diferencia en términos, ya que lubricación hace referencia al uso de lubricantes, mientras que en un proceso de engrasado (usado en algunos componentes) se usan grasas.

Según Lefresne, perteneciente al blog de Ingenieros de AltervolIngenieros, nos dice que: “La ciencia que estudia la fricción, lubricación y desgaste se llama tribología. Una adecuada lubricación permite un funcionamiento continuo y suave de los equipos mecánicos, con un

ligero desgaste, y sin excesivo estrés o ataque a las partes móviles (cojinetes y engranajes). Cuando falla la lubricación, los metales y otros materiales pueden rozar, desgastarse, perdiendo eficacia, causan desprendimiento de calor, pudiendo llegar a destruirse unos a otros, causando daños irreparables, y fallo general.” (F. Lefresne, 2016)

Este fenómeno de rozamiento siempre va a ocurrir, es parte de un funcionamiento mecánico y es imposible neutralizarlo al 100%, los lubricantes tienen la función de minimizar los daños severos que puedan causar

2.2.1 Fricción

Se denomina fricción a la fuerza de rozamiento durante el ciclo de trabajo en el cual intervienen dos o más elementos en sus zonas de contacto, en diferentes situaciones puede presentarse como fricción interna o fricción externa. (F. Martínez, 2002)

Las zonas de contacto son las superficies que trabajan haciendo contacto entre sí, como por ejemplo los dientes de un engranaje

Podría decirse que, a pesar que la fricción es algo que siempre va a ocurrir cuando dos cuerpos en movimiento hagan contacto, es un suceso que representa una pérdida de energía, en algunos casos representa una ínfima cantidad, pero en otros puede representar un caso serio que requiera un mejor estudio. Todo esto dependerá de diversos factores como el tamaño, velocidad, temperatura, etc. de los componentes que realizaran el trabajo.

Un correcto uso y aplicación de lubricante, no eliminara al cien por ciento este problema, sin embargo, ayuda a reducir el desgaste de una manera significativa. (F. Martínez, 2002)

Aun habiendo una pequeña cantidad de desgaste, esta es acumulativa al pasar el tiempo, y si no se hizo una correcta selección de lubricante, el desgaste puede ser mayor.

2.2.2 Fricción Externa

Podemos decir la fricción externa puede ocurrir puede darse de una manera estática, móvil o de choque, se dividen en tres grupos:

La fricción por deslizamiento, en la cual participan dos elementos los cuales simulan un movimiento deslizante, similar al roce de una caja en el piso. Presenta fricción, pero su índice de desgaste es leve. (J. Diaz, 2006)

Si bien es cierto el desgaste es leve, es este tipo de rozamiento el que se presenta en componentes que tienen un mayor número de horas de trabajo.

La fricción por rodamiento, que representa un elemento rodante sobre otra superficie, como lo

haría un neumático en movimiento sobre una autopista

La fricción por rotación, que podríamos ejemplificarlo en el caso de un eje, girando constantemente dentro de un engranaje. (F. Martínez, 2002)

Estos son los tipos de rozamiento mecánico más conocidos, aun así, podrían existir muchas más especificadas en otras áreas de estudio con un nombre distinto. En los componentes y maquinas con las cuales se trabaja en la actualidad llegan a combinarse varios tipos de rozamiento, por lo tanto, no encontraremos un solo tipo de fricción dentro de una maquina en funcionamiento. (F. Martínez, 2002)

Debido al avance de la tecnología es común encontrar maquinas con diferentes componentes que trabajan en conjunto (cadenas, rodamientos, ejes, engranajes, etc.) esto hace que existan en una sola maquina distintos tipos de rozamiento.

2.2.3 Estados de Fricción

a.) Fricción Pura

“Aparece cuando las rugosidades de las dos superficies metálicas (hablando netamente de componentes metálicos) interactúan sin la presencia de un tercer elemento. En la práctica de mantenimiento mecánico pocas veces se encuentra este estado de fricción, ya que no son tan percibibles a los sentidos de modo que, sólo se puede obtener en el laboratorio donde es factible garantizar que las superficies metálicas están libres de cualquier tipo de película contaminante.” (F. Martines, 2002)

Cuando no existe un tercer elemento (capa de lubricante) entonces una falla se hace muy notoria, y en muchos casos, hace fallar el funcionamiento del equipo.

b.) Fricción Metal – Metal

Se presenta cuando dos superficies metálicas interactúan en ausencia de un tercer elemento que las separe (refiriéndose a la ausencia del lubricante). Martínez nos agrega además que “también puede ocurrir en un mecanismo lubricado como consecuencia del rompimiento de la película límite o por la ausencia de ésta al agotarse los aditivos antidesgaste del lubricante. La fricción metal-metal no siempre se debe evitar ya que hay situaciones donde es imprescindible que ocurra como por ejemplo entre la carrilera y las ruedas del tren, en las cuales es necesario que sus rugosidades estén completamente exentas de cualquier tipo de sustancia para poder rodar y frenar rápidamente.” (F. Martines, 2002)

En algunos casos, en situaciones de extremo aumento de temperatura, es más fácil que la

capa de lubricante desaparezca, en estos casos se escoge un lubricante con alta resistencia a temperaturas altas.

c.) Fricción Solida

J. Diaz en su tesis de guía de lubricación nos dice “Este sucede cuando tres elementos que presentan características de cuerpos sólidos; dos de estos elementos son las superficies que interactúan habiendo un tercero que es la película de límite del lubricante usado que se encuentra impregnada al metal base y está constituida por capas de un compuesto que puede ser el aditivo con lubricante contra el desgaste, óxido, entre otros.” Este tipo de fricción se presenta permanentemente en los mecanismos lubricados cuando estos son encendidos o desenergizados. (J. Diaz, 2006)

Algunos lubricantes necesitan aditivos para cumplir expectativas de funcionamiento a largo plazo, esto altera su composición favorablemente.

d.) Fricción Fluida

“Es el tipo de fricción que se presenta entre las capas de un lubricante en estado líquido que separa dos superficies; la energía consumida es tal que transforma este lubricante en calor.” (J. Diaz, 2006)

e.) Fricción Mixta

Esta se presenta cuando dos estados de fricción se presentan simultáneamente en un sistema tribológico. La fricción mixta suele aparecer en aquellos mecanismos que trabajan bajo situaciones de altas cargas y bajas velocidades, las superficies que hacen contacto no se separan ya que están en un trabajo permanente. En este tipo de fricción suele usarse un tipo de lubricación denominada Lubricación Elastohidrodinámica (J. Diaz, 2006)

Al existir distintas funciones que cumple un sistema, se pueden exagerar en algunos casos, sobrepasando límites de carga, temperatura, etc. esto provoca que el lubricante no cumpla su función correctamente, siendo necesario el uso de un lubricante con mayor viscosidad.

f.) Fricción Gaseosa

Como su nombre lo dice, se presenta cuando el lubricante a usar para separar las superficies, es un gas. El caso más notable es el de los mecanismos lubricados de las caras de los sellos secos de turbo-máquinas, en estos se inyecta nitrógeno entre ellas para formar la película hidrodinámica. (J. Diaz, 2006)

Está dirigido a componentes y maquinas que requieren mayor un mantenimiento más fino.

2.2.4 Factores que condicionan la fuerza de fricción

Los más conocidos son los siguientes:

a.) Carga:

Es un factor propio de cada cuerpo y está constituida por el propio peso de estos, así como la fuerza que transmite. (F. Martínez, 2002)

Por ejemplo, la fuerza que transmite un hombre empujando una caja

b.) Naturaleza de los materiales

Referente a la composición de los materiales, unos presentan distintas propiedades que otros (dureza, temperatura, etc.). (F. Martínez, 2002)

Dependiendo de sus propiedades se elige el lubricante que se necesita.

c.) Acabado Superficial

Al ser la superficie de los componentes los que van a interactuar entre ellos, ya sea por naturaleza o por contacto, estas tienen rugosidades, generando una mayor fuerza de rozamiento. Pueden ser disminuidas si estas son pulidas. (F. Martínez, 2002)

Algunos componentes alteran sus superficies cubriéndolas de un material distinto con mayor resistencia al desgaste.

2.2.5 Coeficiente de fricción

Martínez refiere este coeficiente como “la variable que se utiliza para el cálculo de la fuerza de fricción y su valor no solo depende del material de las superficies, también de lo que suceda en la interface de las mismas cuando se encuentran en movimiento relativo la una con respecto a la otra.” (F. Martínez, 2002)

Como en todo cálculo matemático que nos ayude a respaldar los fenómenos mecánicos que se llevan a cabo en la realidad, tendremos este coeficiente de fricción que nos ayudara a detectar el tipo de fricción, y como reducirla

Agrega, además. “Existen factores que afectan este coeficiente, por ejemplo, la temperatura, la velocidad de deslizamiento, presión de contacto, tipo de película lubricante y forma de la región de contacto. La relación entre la fuerza de fricción que se necesita para que comience el movimiento de un cuerpo y la componente normal de su peso es conocida como coeficiente de fricción estático y como coeficiente de fricción cinético.” (F. Martínez, 2002)

Matemáticamente este coeficiente es usado en cálculos, para determinar el desgaste que podría ocasionar un proceso, esto va de la mano con el tiempo de trabajo de un componente,

el material usado.

2.2.6 Tipos de coeficiente de fricción

a.) Coeficiente de Fricción Pura

“Se presenta cuando las superficies de dos rugosidades que interactúan están en contacto directo sin la presencia de un componente lubricante que las separe; el valor de este coeficiente de fricción es muy alto y nunca se presenta en las practica en la práctica.” (F. Martínez, 2002)

Sin la presencia de un lubricante, el desgaste será mucho mayor, el tiempo de vida de los componentes en estos casos, se acorto considerablemente.

b.) Coeficiente de Fricción Metal-Metal

Ocurre cuando la rugosidad de una superficie metálica realiza un contacto directo deslizándose directamente sobre otra.

“Su valor de coeficiente de fricción es alto y hasta puede llegar a ocasionar que las dos superficies se suelden ya que provocan una gran cantidad de calor cuando los contornos sobresalientes se golpean y se deforman elásticamente. Su valor depende del material de las superficies; y en superficies como las de elementos de máquinas lubricadas debe ser el más mínimo posible con el objetivo de minimizar la cantidad de desgaste que puede pasar en ellas cuando la película límite se evapora en su totalidad.” (F. Martínez, 2002)

Al generar un rozamiento, y dependiendo de la velocidad de este, el desprendimiento de una capa de metal a altas temperaturas podría ocasionar que se junten, por eso se dice que pueden llegar a soldarse.

c.) Coeficiente de Fricción Solida

Se presenta cuando un mecanismo que va a operar bajo condiciones de película fluida se pone en marcha e interactúan y friccionan las películas límites de las dos rugosidades constituidas por el aditivo antidesgaste que se encuentra adherido a ellas. Este coeficiente de fricción es menor que el coeficiente de fricción metal-metal y su valor depende de aspectos tales como la altura de las crestas de las rugosidades de las dos superficies, de si el lubricante utilizado es mineral o sintético y si el movimiento del mecanismo sometido a fricción es por rodadura o por deslizamiento. (F. Martínez, 2002).

Los componentes no tienen una forma perfecta al cien por ciento, por eso suelen existir pequeñas imperfecciones, no son muy notorias y suelen desaparecer con el transcurso del

tiempo junto con el funcionamiento de la máquina.

d.) Coeficiente de fricción fluida

Refiere a la resistencia a la cizalladura que está en la película lubricante que se forma entre dos superficies rugosas cuando funcionan bajo condiciones de lubricación fluida. Esta es variante según el incremento de la viscosidad respecto a su valor normal determinado para un mecanismo. Este valor de coeficiente depende de si el aceite es mineral o sintético. (F. Martínez, 2002).

e.) Coeficiente de Fricción Elastohodronamico

Este tipo de coeficiente se presenta en aquellos mecanismos donde por la función que realizan operacionalmente no es factible que las superficies se separen, sino que estén interactuando permanentemente.

Martínez para estos casos nos dice que “El cálculo se realiza del promedio del coeficiente de fricción sólida, cuando las superficies interactúan y se deforman elásticamente y el fluido cuando se cizalla la película lubricante que se forma en el momento en que las dos rugosidades deformadas elásticamente aplastan el lubricante que ha quedado atrapado entre ellas.” (F. Martínez, 2002).

Por lo general se presenta en equipos que tienen largas horas de funcionamiento, en estos casos es importante seleccionar un lubricante con un tiempo de vida alto.

2.2.7 Desgaste de elementos

El análisis y revisión acerca del desgaste de elementos mecánicos es complejo. Ramírez de la universidad de Guanajuato nos dice “ya que intervienen muchos factores como dureza, tenacidad, estructura, composición química, modo y tipo de carga, velocidad, rugosidad de la superficie, distancia recorrida, corrosión presente, etc. Todo suceso que incluya rozamiento tiene dos efectos no deseados: el calor y el desgaste.” (J. Ramírez, 2017)

Adicionalmente Martínez dice “Normalmente, el desgaste es un suceso común, aunque no deseado, que, no ocasiona fallas violentas, aun así, trae como consecuencias: reducción de eficiencia, pérdida de potencia, aumento en el consumo de lubricantes y eventualmente conduce al reemplazo constante de componentes muy desgastados. Son precisamente, el desgaste junto con la fricción y la lubricación los pilares para el estudio de la tribología. Se afirma que la tribología es una ciencia multidisciplinaria porque dentro de esta se incluye varias materias de estudio: hidrodinámica, mecánica, ciencia de materiales, química, física,

matemáticas y computación.” (F. Martínez, 2002)

Ningún elemento está libre de desgaste, aun si no está funcionando ya que el mismo medio ambiente genera desgaste y oxido, en menor cantidad, pero existe. En un proceso de trabajo es posible minimizarlo con ayuda de un lubricante.

2.2.8 Tipos de desgaste

a.) Desgaste Abrasivo

Este tipo de desgaste, que es el más común, se define como el corte de un material duro y agudo que atraviesa de la superficie de un material con menor resistencia. Suele formar ralladuras profundas cuando las partículas duras pasan a través de la superficie, provocando la deformación plástica y arrancando virutas metálicas. (J. Diaz, 2006)

Similar al rayar la pintura de un auto, a pesar que no parece muy grave al inicio, esta puede ir incrementándose entre más tiempo funcione el equipo

b.) Desgaste Adhesivo

Es también llamado desgaste por fricción deslizante, Diaz agrega que “se presenta entre dos superficies en contacto deslizante. Este tipo de desgaste es el segundo más común en la industria y se presenta cuando dos superficies se deslizan una sobre la otra bajo presión. Los signos más representativos son las ralladuras irregulares y superficiales.” (J. Diaz, 2006)

c.) Desgaste Corrosivo

Como lo dice su nombre, este desgaste tiene propiedades corrosivas en las superficies y “se presenta como una combinación de desgaste (abrasiva o adhesiva) además de un ambiente corrosivo. El índice del desgaste de material puede ser muy alto debido a que los productos sueltos de la corrosión se desprenden con facilidad por el desgaste y hacen que se revele continuamente el metal fresco que con el tiempo puede volverse a corroer con rapidez.”

“Los equipos como tanques, ductos, bombas, colectores de polvo, cajas de ventiladores, etc. En general toda maquinaria destinada a trabajar con humedad es más propensa a sufrir este tipo de desgaste.” (J. Diaz, 2006)

Una alta contaminación puede alterar el comportamiento de mucho componentes y lubricantes, a pesar de no ser percibirle al sentido humano, reduce el tiempo de vida de un lubricante

d.) Desgaste por Erosión

Aparece debido a las constantes corrientes de partículas abrasivas, es muy común encontrarlas en turbinas de gas, tubos de escape y motores.

Muy frecuentemente, aparece en bombas, mezcladores y tuberías, específicamente en curvas y codos. Esto se puede evitar mediante cambios de diseño, o seleccionando un material con mayor resistencia, pero además de ser más duro, también debe presentar una mayor resistencia a la corrosión. (F. Martínez, 2002)

e.) Desgaste por cavitación

Suele ocurrir en elementos que trabajan con fluidos en presiones variables. Según Martínez “La aspiración en vacío (cavitación) es un efecto hidrodinámico que ocurre cuando el agua o cualquier otro fluido pasa a gran velocidad por una arista afilada y produce una descompresión del fluido debido a la conservación.” (F. Martínez, 2002)

“Suele ocurrir que se alcanza la presión de vapor del líquido de tal forma que las moléculas que lo componen cambian a un estado de vapor, lo que provoca la formación burbujas o, más correctamente llamado, cavidades. Estas burbujas viajan a zonas de mayor presión e implotan lo que causa que el vapor regresa al estado líquido de manera violenta, produciendo una estela de gas y un arranque de metal de la superficie.” (F. Martínez, 2002)

La implosión causa ondas de presión que viajan en el líquido. Si la zona donde colisionan las ondas es la misma, el material tiende a debilitarse metalúrgicamente y da inicio a una erosión que daña la superficie y provoca que ésta se convierta en una zona de mayor pérdida de presión, lo que por ende lo convierte en un mayor foco de formación de burbujas de vapor. (F. Martínez, 2002)

Si las burbujas de vapor se ubican en contacto con una pared sólida cuando hacen implosión, las fuerzas ejercidas por el líquido al aplastar la cavidad dejada por el vapor dan lugar a presiones localizadas muy altas, haciendo aparecer picaduras sobre dicha superficie sólida. Este fenómeno generalmente puede ser detectado por el ruido y vibraciones que provoca, dando la impresión de que se tratara de grava que impacta en las diferentes partes de la maquinaria. (F. Martínez, 2002)

Este tipo de desgaste es muy difícil de detectar ya que ocurre en el interior de una tubería, se requieren herramientas de detección de alta precisión para poder detectarlas.

Hay dos tipos de cavitación: Cavitación de succión Cavitación de descarga

f.) Desgaste por Impacto

Estas deformaciones producidas por golpes y que producen un desgaste en el material. Se puede presentar en muchas partes como amortiguadores, cajas de dompes, bandas transportadoras, etc. (F. Martínez, 2002)

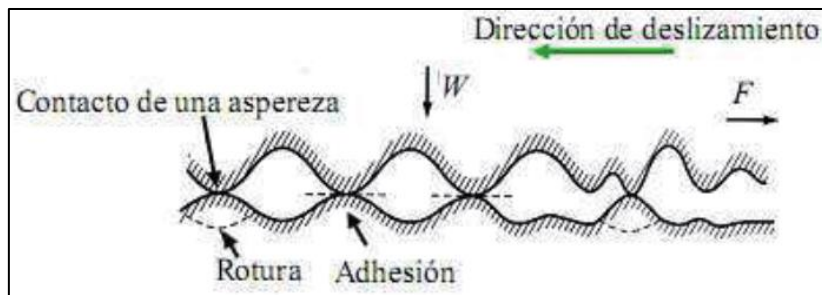


Figura 1 Desgaste entre dos superficies
Fuente: <https://upcommons.upc.edu>

2.2.9 Problemas ocasionados por el desgaste

Díaz, en su tesis de apoyo de selección de lubricantes nos dice: “si bien existe diferentes tipos de desgaste en los elementos mecánicos, estos en mayor o menor cantidad, producen una serie de problemas, como un mayor uso de repuestos por incremento en las reparaciones y en procesos de mantenimiento, además de una baja en la producción ya que también existe una disminución en la eficiencia de la maquinaria.” (J. Díaz, 2006)

Señala que desde aquí ya se empieza a ver problemas con costos, debido a la constante compra de piezas nuevas para reemplazar a las que están muy dañadas.

Por la experiencia que tuvo en la empresa donde labora, agrega que “acorta también la vida útil del equipo y aumenta el factor de riesgo de accidentes, ya que existe el peligro de rotura de piezas al sobrepasar estas su límite de diseño. Sin embargo, existen formas para reducir el desgaste en la maquinaria, y esto se puede lograr usando los lubricantes adecuados para las diferentes condiciones de trabajo, y determinando los límites de frecuencia de lubricación adecuados para cada equipo en particular.” (J. Díaz, 2006)

Si bien estos problemas siempre estarán presentes, es posible reducirlos, seleccionando correctamente un lubricante. Esto ayuda en cierta forma a minimizar la cantidad de horas en mantenimiento.

2.2.10 Lubricación

“La lubricación es una rama de estudio de la tribología muy complejo y objeto de estudio constante ya que posee una gran cantidad de elementos que intervienen en el problema; pero el concepto fundamental sería la eliminación del contacto directo entre dos cuerpos sólidos (rozamiento) que interfieren entre sí provocando gran cantidad de energía en calor y en

desgaste.” (J. Diaz, 2006)

Y como se menciona, el propósito es disminuir el rozamiento mas no erradicarlo, ya que para el trabajo de los componentes es necesario el fenómeno de rozamiento.

Se agrega también que “el rozamiento entre dos componentes es en función a su dureza y sobre todo de su estado superficial. Durante el rozamiento, el contacto entre los componentes no se produce en toda el área, sino sólo entre las irregularidades superficiales que interfieren entre sí; en dichos puntos se originan presiones específicas que, al mismo tiempo que provocan el incremento de la temperatura, generando la fusión de los puntos de contacto y el encolado parcial de las piezas.” (J. Diaz, 2006)

Hoy en día, el tema de lubricación toma una parte muy importante en el mercado, ya que actualmente existen una gran variedad de empresas que ofrecen servicio de venta de lubricantes y además también laboratorios especialistas en análisis.

2.2.11 Regímenes de lubricación

Según Lefresne de Alterevoingenieros “saber acerca de los regímenes de lubricación en el que trabajan nuestros equipos es importante ya que nos ayuda a escoger la viscosidad y el tipo de lubricante adecuado con el objetivo de evitar desgastes continuos y reducir el consumo energético, para lograrlo necesitaremos estudiar la curva de Stribeck.” (F. Lefresne, 2016)

Luego agrega acerca de la viscosidad “Elegir la viscosidad adecuada para alguna aplicación es de vital importancia para reducir el desgaste en máquinas, lo más común para esta elección es tener en cuenta la recomendación del fabricante, aunque en pocas ocasiones se consideran factores como la velocidad relativa de las superficies o la temperatura de trabajo.” (F. Lefresne, 2016).

En caso de tener dudas se suele aumentar el grado de viscosidad ISO, pero esto no asegura una mejor protección contra el desgaste.

Respecto al consumo energético del equipo para relacionar su desgaste “aun así, con estos criterios no tenemos en cuenta el consumo energético del equipo, algo que puede incrementar de forma significativa sin que eso nos lleve un aumento de fiabilidad. La mejor manera de conocer más acerca este problema es aplicar el régimen de lubricación en el que trabajamos lo cual nos lleva al estudio de la curva de Stribeck.” (J. Diaz, 2006).

Estos comúnmente son dados por el fabricante, suponiendo que se trabaja en condiciones ideales, podrían variar según la forma de trabajo que se le dé al equipo.

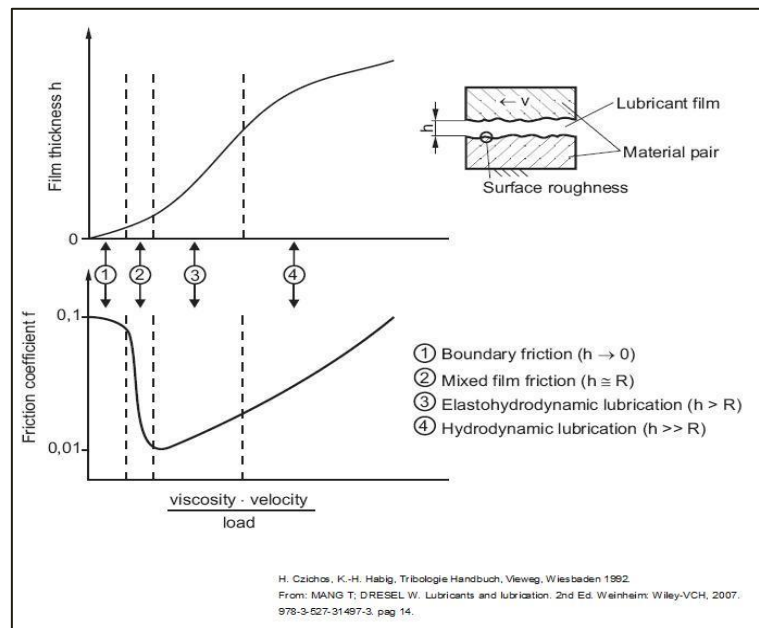


Figura 2 Curva de Stribeck
Fuente: <http://alterevoingenieros.blogspot.com/>

a.) La curva de Stribeck: En el mismo blog, se denomina que la curva de Stribeck “Fue descrita por Richard Stribeck a principios del siglo XX, este grafico nos proporciona una vista general detallada de como varia el coeficiente de fricción entre dos superficies según a su régimen de lubricación. El régimen dependerá de un parámetro que relaciona la viscosidad del lubricante, su velocidad relativa existentes en las superficies y la carga a las cuales están sometidas.” (Alterevoingenieros, 2012).

Es un proceso similar que se usa en una comparación estadística dependiente de variables, que en este caso serían las propiedades del lubricante y los factores que intervengan en su funcionamiento.

Para describir este proceso “Si observamos el eje horizontal, encontraremos el denominado régimen de lubricación límite, donde podemos notar que el coeficiente de fricción es muy alto y esto se debe a que la película lubricante es muy fina, por lo cual no podremos evitar el contacto ni el desgaste. Al no poder evitar trabajar en este régimen de lubricación, ya sea por las temperaturas de trabajo, velocidades muy bajas, cargas muy elevadas, se debe usar lubricantes sólidos. Otra opción es incrementar la viscosidad del lubricante para ubicarnos en el siguiente régimen de lubricación.” (Alterevoingenieros, 2012)

Refiriéndolo y relacionándolo con el tema de selección de lubricantes se puede deducir que “Este lo denominamos lubricación mixta y a diferencia que el anterior el grosor de la película

lubricante es mayor, casi igual a la rugosidad de las superficies, por lo que encontraremos contactos puntuales. En este régimen es más notable una disminución del coeficiente de fricción y podemos encontrar un mínimo de la curva, lo que significa que es el más adecuado en términos de eficiencia energética.” (Altervoingenieros, 2012)

A estos dos regímenes se les considera inestables, debido a que un aumento de la temperatura reduciría la viscosidad lo que provocaría el aumento de la fricción haciendo que multiplique este efecto desplazando el régimen de lubricación a la izquierda, zona en la cual es donde existe mayor desgaste. (Altervoingenieros, 2012)

Siento inestable con relación a la temperatura necesariamente se tendría que aumentar el número de revisión y análisis de lubricantes, para asegurar el correcto funcionamiento del lubricante.

Agrega además que “Por otro lado, si son la viscosidad o la velocidad relativa de las superficies las que aumentan, entramos en los regímenes de lubricación elastohidrodinámica e hidrodinámica, es en estas situaciones que tenemos garantizada la separación de las superficies gracias a que el grosor de la película lubricante formada es superior a la rugosidad de las superficies, obteniendo una reducción al desgaste más notable.” (Altervoingenieros, 2012)

Se usaría por ejemplo en estos casos, lubricantes de una mayor viscosidad, para obtener una mejor separación de superficies.

Para el correcto uso de cálculo usando esta curva, Lefresne del blog de Altervoingenieros agrega: “Este régimen de lubricación está muy cerca del mínimo de la curva de Stribeck, por lo que es común tratar de situarnos en esta zona y así mejorar la eficiencia energética a la vez que reducimos el desgaste de los componentes. Es el régimen de lubricación más usado en engranajes, rodamientos y levas.” (F. Lefresne, 2016)

Como en la mayoría de cálculos matemáticos, se relaciona variables en este caso las propiedades del lubricante y los factores que puedan influir negativamente sobre este, como la temperatura, exceso en carga, contaminación, etc.

2.2.12 Factores que influyen en la lubricación

a.) La viscosidad del lubricante

Según Diaz, nos dice que “Quizás el factor más importante, ya que, si la viscosidad del lubricante es muy baja, quiere decir que el lubricante es muy delgado, y no tiene la capacidad de formar una capa de aceite adecuada, lo que conlleva a que le será imposible generar

suficiente presión para separar las superficies. Si la viscosidad es demasiado alta, el espesor de la capa formada con el lubricante restringirá el movimiento libre entre las dos superficies.” (J. Diaz, 2006)

Comúnmente se suele priorizar este factor cuando se va a elegir un lubricante, y en muchos casos, solo este factor es tomado en cuenta, asumiendo que, entre más viscoso, será más duradero, lo cual es una afirmación incompleta, ya que no se deben despreciar los demás factores.

b.) El diseño del elemento de máquina

“Algunos diseños de componentes no favorecen la formación de una capa de aceite. Por lo tanto, se debe tener en mente que debe haber un espacio adecuado superficies móviles para una correcta lubricación de estas.” (J. Diaz, 2006)

Otra opción sería modificar el diseño del elemento, pero es una opción más costosa y toma un mayor tiempo

c.) Alimentación del lubricante

“Hace referencia si existe una falta o exceso de lubricante. El método de alimentación puede ser manual o por medio de un sistema de lubricación automatizado. Sea cual sea el caso debe ser evaluado y adecuado según la función que realicen.” (J. Diaz, 2006)

No siempre el aplicar una mayor cantidad de lubricante significa que el proceso está correctamente hecho, ya que esto puede ocasionar ligeros cambios de velocidad perjudiciales en el proceso de trabajo de la maquinaria.

d.) La carga de trabajo

Este es un punto importante, porque sin importar los cuidados que se tomen, si excedemos la carga máxima permitida, habrá un fallo en los componentes. Según Diaz “Sin importar otros factores, si se incrementa la carga tenderá a disminuir la película de aceite. Una carga excesiva tiende a incrementar la fricción y por ende el desgaste de los elementos constitutivos del equipo.” (J. Diaz, 2006).

Se debe tener en cuenta este factor porque no solo minimiza el tiempo de vida de lubricante, sino que también daña internamente el equipo, sin importar si se seleccionó o no un buen lubricante.

e.) Condiciones del medio de trabajo

“Son las condiciones del medio de trabajo en las cuales se hallan distintas amenazas contra el lubricante, ya sean estas el polvo del medio, el lavado por agua de los elementos de máquina, etc.” (J. Diaz, 2006)

El personal de trabajo también puede estar incluido en las condiciones de trabajo, ya que son estos los que manipulan y operan los equipos, y una mala maniobra causa daños internos y externos.

2.2.13 Lubricantes:

“Se llama lubricante a la sustancia que se utiliza para reducir la fricción entre dos superficies. Los lubricantes se pueden clasificar como gaseosos, líquidos, semisólidos y sólidos. El seleccionar y usar un lubricante es un paso vital para el correcto funcionamiento de la maquinaria y es uno de los principales responsables de alargar su tiempo de vida y mantener el proceso productivo de las empresas.” (J. Diaz, 2006).

Ya desde este punto mencionamos lo importante que es seleccionar un lubricante, basándonos en experiencias anteriores.

Agrega además, Diaz, acerca de la mala elección de un lubricante “El elegir mal el lubricante o simplemente la ausencia del mismo, podría significar la aparición de problemas graves que se manifiestan de un momento a otro, costosas reparaciones, paradas de planta improductivas, aumento en los costos de mano de obra, el cambio excesivo de repuestos o necesidad de reposición total de las máquinas y un bajón de calidad del producto, es decir, pueden tornar los procesos productivos de una empresa en ineficaces.” (J. Diaz, 2006).

Es en estos casos que se debe tener mayor concentración en los procesos de mantenimiento, ya que la operatividad de los equipos dependerá de cómo se esté llevando a cabo esta labor. Respecto a la maquinaria, también es importante comparar su vida útil vs vida real ya que “Toda maquinaria industrial tiene una vida útil, en la cual la empresa ya tiene proyectada una producción determinada. Una función importante del lubricante es hacer que el equipo cumpla su vida útil e incluso, en el mejor de los casos, superarla.” (J. Diaz, 2006)

“Desafortunadamente en muchas industrias únicamente se toma al proceso de lubricación como la simple labor de poner aceite o grasa e incluso hasta agua, a los equipos, ignorando todas aquellas consideraciones que con un simple cambio en el plan de mantenimiento agregando un paso de selección de lubricantes pueden convertirlo en un factor importante para mejorar la productividad de la organización.” (J. Diaz, 2006)

Se suele incluir solo a personal de bajo rango para estas operaciones, eliminando procesos de análisis de muestras y selección de lubricantes, por eso muchas veces el tiempo de demora en encontrar fallas se dilata.

Recalcando el punto de que lubricar no es solo pasar alguna grasa por encima del componente podemos agregar que “Para analizar mejor estas consideraciones se puede comenzar diciendo que lubricar es encontrar la mejor manera de aplicar el lubricante apropiado, en el lugar requerido, en la cantidad correcta, en el momento preciso, al menor costo y con el mayor valor añadido posible.” (J. Diaz, 2006)

“Los lubricantes realizan diversas funciones entre las cuales se puede mencionar entre otras:

- Reducen la fricción y el desgaste de la maquinaria en movimiento.
- Protegen las superficies de metal contra la corrosión.
- Controlan la temperatura y actuar como agentes de transferencia de calor.” (J. Diaz, 2006)

2.2.14 Clasificación de Lubricantes

Martínez, y en general varios autores señalan que “los lubricantes se pueden clasificar de acuerdo a su estado físico en, gaseosos, líquidos, semisólidos y sólidos, siendo sus características básicas las que hacen relación a su nombre.” (F. Martínez, 2002)

Diaz agrega además “En la industria los lubricantes líquidos y semisólidos son los más utilizados debido a sus propiedades que se adecuan a la función que cumplen los componentes. Los restantes cumplen una ocupación más específica para determinados procesos.” (J. Diaz, 2006)

a.-) Gaseosos:

“Como su propio nombre lo dice, dichos lubricantes están en su fase gaseosa. El más usado es el aire que se usa a presión el cual forma un colchón entre las en contacto, pero se puede encontrar también que unos utilizan el Helio y el Neón.” (J. Diaz, 2006)

b.) Líquidos:

“Estos son los más abundantes en el mercado y son derivados del petróleo, están constituidos por un aceite base al que se le adicionan aditivos, para que de esta forma obtener características específicas.” (J. Diaz, 2006)

Al ser los más abundantes, también se puede encontrar una gran variedad de estos, dependiendo de la viscosidad, fluidez, precio, etc.

Según Diaz, se puede hacer la siguiente clasificación: “Dentro del grupo de lubricantes líquidos se encuentran cuatro subgrupos los cuales van de acuerdo a su aceite base y son: lubricantes minerales, grasos, compuestos y sintéticos.” (J. Diaz, 2006)

Siendo los de tipo liquido los más usados, es común que tengan una mayor cantidad de clasificaciones.

c.) Semisólidos:

“Se encuentran entre un estado líquido y sólido, teniendo una viscosidad mayor que los lubricantes líquidos. Se generan de un aceite base y se les agregan jabones espesantes, lo que hace obtener una mayor consistencia, esto ayuda a que la película lubricante permanezca por más tiempo sobre la superficie lubricada. En esta clase de lubricantes se hallan principalmente a las grasas.” (J. Diaz, 2006)

Al encontrarse entre dos estados son muy útiles cuando se necesitan lubricantes líquidos con resistencia a la temperatura.

d.) Sólidos:

“Generan películas lubricantes unidas con gran fuerza a las superficies metálicas de los componentes, generando coeficientes de fricción muy bajos. Están constituidos por una mezcla de minerales, tales como el grafito, disulfuro de molibdeno, la mica y el talco.” (J. Diaz, 2006)

Como se hablará más del tema de los aceites líquidos, procedemos a clasificarlos

a.) Aceites Minerales:

Son procedentes del petróleo, y su producción viene de las refinerías. Industrialmente es el más usado en la mayoría de máquinas y componentes, aunque debido a que su procedencia es de un elemento no renovable se están haciendo investigaciones para reemplazarlos con aceites sintéticos. (J. Diaz, 2006)

b.) Aceites Grasos:

Por su antigüedad, fueron los primeros utilizados por el hombre, provienen de las plantas y animales. Su calidad no es uniforme, ya que presenta baja resistencia a la oxidación. (J. Diaz 2006)

c.) Aceites Compuestos:

Una mezcla de aceite de petróleo con sustancias químicas y aceites grasos, aunque normalmente no supera el 30%. (J. Diaz, 2006)

d.) Aceites Sintéticos

“Son aceites que están formados principalmente por moléculas artificialmente combinadas en laboratorios de petróleo, y otras materias.” (J. Diaz, 2006)

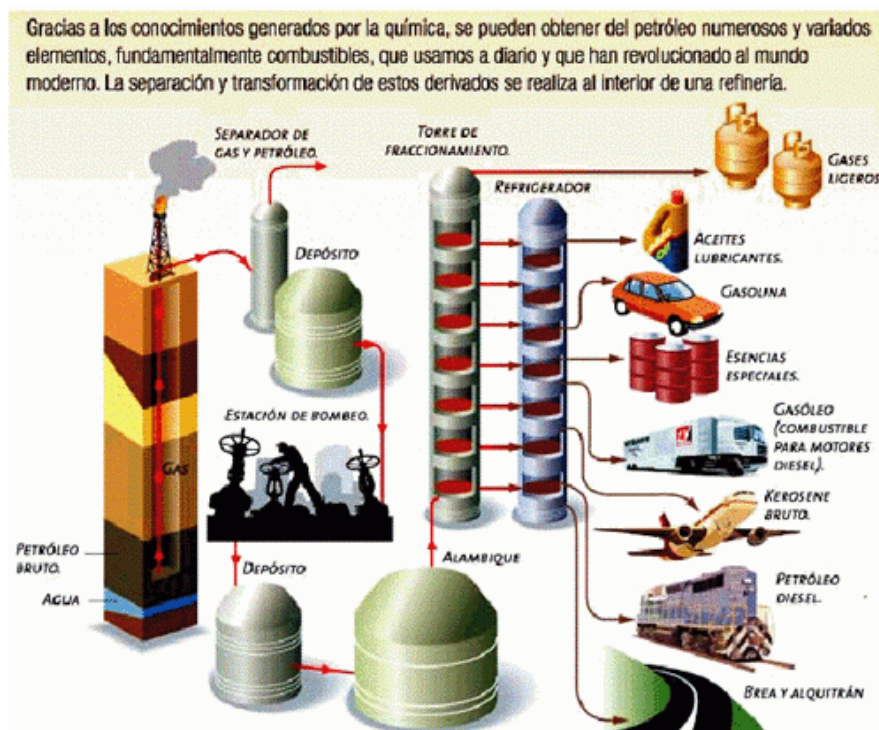


Figura 3 Obtención de Aceites

Fuente: <http://ingesaerospace-mechanicalengineering.blogspot.com>

2.2.15 Viscosidad

La viscosidad es una propiedad importante de los lubricantes y factor primordial para su selección, Según Diaz: “Viscosidad es la resistencia de un líquido (en este caso un lubricante) a fluir y es la cualidad singular más importante que debemos tener en cuenta al escoger un aceite lubricante. Existen dos tipos de viscosidad: viscosidad absoluta y la cinemática.” (J. Diaz, 2006)

“La viscosidad absoluta, es la viscosidad real de un líquido y se mide por el tiempo que demora el lubricante al fluir en una serie de tubos capilares estrechos a una temperatura específica.

La viscosidad cinemática es la más utilizada para expresar la propiedad de fluidez, esta equivale a la viscosidad absoluta dividida entre su densidad (ambas propiedades bajo las mismas condiciones de temperatura y las mismas unidades). La unidad más utilizada para expresar la viscosidad cinemática es el Centistoke.” (J. Diaz, 2006)

Teniendo ya claro el tipo de viscosidad existente, es que se hace más fácil el poder hallar el lubricante que se adecue a las exigencias del entorno de trabajo.

Se puede entonces deducir lo siguiente:

“Los lubricantes que fluyen libremente, como el agua poseen una baja viscosidad y puede que no soporten grandes cargas entre los elementos. En cambio, los que poseen alta viscosidad, pueden llegar a soportar grandes cargas, sin embargo, en algunos casos no es capaz de llegar a ciertos parámetros.” (J. Diaz, 2006)

La carga a soportar jugará un rol importante respecto a nuestra selección de lubricante. Ya que, a una mayor carga, una mayor viscosidad será necesitada.

El ambiente de trabajo también es un factor importante a revisar, ya que “La viscosidad es una propiedad que depende de la presión y temperatura. La viscosidad necesaria para lubricar un equipo va a depender de las condiciones a que estén expuestos los equipos y sus distintos elementos.” (J. Diaz, 2006)

2.2.16 Índice de Viscosidad:

“Es una característica muy importante al momento de seleccionar un lubricante. Las variaciones de temperatura afectan a la viscosidad del lubricante y genera cambios en su comportamiento, ya que a altas temperaturas la viscosidad decrece y a bajas temperaturas aumenta.” (J. Diaz, 2006)

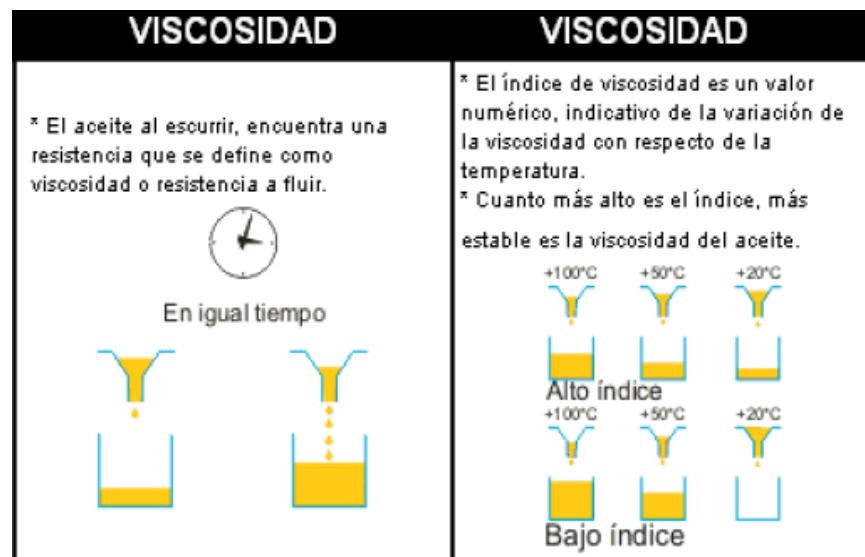


Figura 4 Índice de Viscosidad de Aceites Lubricantes

Fuente: “<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd542d/doc/bmfcd542d.pdf>”

2.2.17 Densidad

“Definida como la masa de un lubricante por su unidad de volumen a determinada temperatura. En la industria petrolera se usa la gravedad API (American Petroleum Institute) a 60°F, para

realizar la siguiente relación:" (J. Diaz, 2006)

$$\text{Densidad API (Grados API)} = \frac{141,5}{\text{Gravedad especifica a } 60^{\circ}\text{F}} - 131,5$$

2.2.18 Numero de Neutralización

"Es una medida de la acidez o alcalinidad de un aceite. Usualmente se indica como el número ácido total (TAN) que es la cantidad de componentes de tipo ácido en el lubricante y el número total base (TBN) que es una expresión de la cantidad de aditivos alcalinos en el lubricante, los que pueden neutralizar los productos ácidos." (J. Diaz, 2006)

Se tiene que tener en claro al seleccionar un lubricante si en nuestro entorno necesitamos un lubricante tipo básico o ácido.

2.2.19 Numero de Saponificación

"También denominado número SAP, indica la cantidad de material graso que contiene un lubricante." (F. Martínez, 2002)

2.2.20 Punto de Fluencia

Haciendo énfasis en el tema de la temperatura del ambiente y de trabajo, Martínez dice: "El punto de fluidez de un aceite lubricante es la mínima temperatura a la cual este fluye sin ser perturbado bajo la condición específica de la prueba. Los aceites contienen ceras disueltas que cuando son enfriados se separan y forman cristales que se encadenan formando una estructura rígida atrapando al aceite entre la red. Cuando la estructura de la cera está lo suficientemente completa el aceite no fluye bajo las condiciones de la prueba. La agitación mecánica puede romper la estructura cerosa, y de este modo tener un aceite que fluye a temperaturas menores a su punto de fluidez." (F. Martínez, 2006)

Una mejor fluidez del lubricante no siempre significa algo bueno, ya que en ciertas ocasiones requiere un mayor punto de adhesión, por lo que será necesario evaluar el lubricante según el componente en funcionamiento

2.2.21 Punto de Inflamación

Hace referencia a cuando el grado de temperatura aumenta debido al exceso en rozamiento, generando el desprendimiento de vapores, que luego se transforman en una flama.

Martínez agrega “Cuando la concentración de vapores en la superficie es lo suficientemente grande a la exposición de una llama, resultará fuego tan pronto como los vapores se enciendan. Cuando una prueba de este tipo es realizada bajo ciertas condiciones específicas, la temperatura a la cual esto sucede se denomina punto de inflamación. La producción de vapores a esta temperatura no son lo suficiente para causar una combustión sostenida y, por ende, la llama desaparece. Sin embargo, si el calentamiento continúa se obtendrá una temperatura a la cual los vapores serán liberados lo suficientemente rápido para soportar la combustión. Esta temperatura se denomina punto de fuego o combustión.” (F. Martínez, 2006) Se debe tener cuidado respecto a este punto de inflamación, ya que una llama no controlada dañaría no solo el componente sino todo el equipo, lo cual significa una pérdida enorme en costos e inventario.

2.2.22 Oleosidad

Es la propiedad de los aceites lubricantes para adherirse a las superficies de los componentes en las cuales han sido aplicadas.

Todo lo contrario, a la propiedad de fluidez.

Lo que nos conlleva a deducir, entre tenga más oleosidad el aceite, ayudará a estar más tiempo en el componente y disminuirá su desgaste. (J. Díaz, 2006)

2.2.23 Clasificación de los aceites según norma.

a.) Clasificación SAE J300

La página Widman International, especialista en el uso de normas para selección de lubricantes, dice “La determinación de viscosidad de aceites para motores se mide con la tabla de viscosidades SAE de acuerdo a la norma SAE J300. Esta tabla clasifica las viscosidades de acuerdo a su viscosidad cinemática a 100°C y en caso de aceites multigrados también se mide su bombeabilidad y resistencia al arranque en frío.” (Widman International, 2018)

Ejemplo:

“Un aceite Multigrado SAE 15W-XX no puede espesarse a más que 7,000 cP cuando la temperatura baja a -20°C en las pruebas de la ASTM D 5293, y 60,000 cP en la prueba ASTM D 4684.” (Widman International, 2018)

Esta clasificación dependerá mucho de la temperatura en la cual se trabaja, si se desconoce este factor no se podría hacer una selección correcta del lubricante, además también requiere una precisión respecto a la temperatura para obtener un valor más óptimo y real.

La tabla (ver Anexo 6) en la cual Widman propone que “también regula la rotura de polímeros, o cizallamiento permitido en alta temperatura (medido a 150°C), garantizando la protección necesaria para los cojinetes, árbol de levas y todas las piezas que requieren lubricación hidrodinámica forzada. Los aceites certificados API CI-4 tienen más resistencia, por la exigencia del API de mantener esta viscosidad en un mínimo de 3.5 cP a 150°C. Hoy en día hay aceites SAE 15W-40 que pueden mantener 4.2 cP en estas condiciones.” (Widman International, 2018)

Esta tabla ayuda a mejorar la selección de la viscosidad, y asegurara un mayor tiempo de vida a los componentes. (F. Martínez, 2002)

b.) Clasificación SAE J306

“La determinación de viscosidad de aceites para transmisiones se mide con la tabla de viscosidades SAE de acuerdo a la norma SAE J306. Esta tabla clasifica las viscosidades de acuerdo a su viscosidad cinemática (máximo y mínimo) a 100° C y también se mide la bombeabilidad de los aceites multigrados en frío.” (Widman International, 2018)

Esto no quiere decir que se descarte la tabla anterior, ya que puede usarse para hacer aproximaciones para luego usar la J306 para una selección más precisa por lo que “Esta tabla reemplaza la anterior para distinguir las viscosidades con mayor confianza. Previamente los rangos de viscosidades eran muy amplios y la variación entre marcas con la misma viscosidad SAE podía ser demasiado grande para proteger el equipo.” (Widman International, 2018)

Ejemplo:

“La tabla anterior permitía una variación de viscosidad de un aceite SAE 90 entre 13.5 y 24.0 cSt a 100° C. Si un fabricante diseñó su equipo para un aceite con una viscosidad de 20 cSt, podría ser protegido con el aceite SAE 90 de una marca, pero tal vez no tener esa protección si el aceite SAE 90 tenía 16.0 cSt de viscosidad a 100° C.” (Widman International, 2018)

Estos datos hacen énfasis en la selección del lubricante según la temperatura, mostrando las distintas variables existentes negativas que se presentan si se descarta este valor.

La nueva tabla (ver Anexo 7) “limita los aceites SAE 90 a una variación entre 13.5 y 18.5. Una nueva categoría (SAE 110) cubre los aceites cuya viscosidad a 100° C es entre 18.5 y 24.0.” (Widman International, 2018)

c.) Clasificación DIN 51519

“La tabla (ver anexo 8) de la norma DIN 51519 es lo que determina la Viscosidad ISO. Clasifica

los aceites industriales de acuerdo a su viscosidad a 40°C, permitiendo 10% para arriba o abajo dentro de su límite.” (Widman International, 2018)

d.) Clasificación API

También puede hacerse una selección de lubricante mediante la comparación de fluidos como es el caso de esta categoría de clasificación: “La medida de Grados API es una medida de cuanto pesa un producto de petróleo en relación al agua. Si el producto de petróleo es más liviano que el agua y flota sobre el agua, su grado API es mayor de 10. Los productos de petróleo que tienen un grado API menor que 10 son más pesados que el agua y se asientan en el fondo.” (Widman International, 2018)

2.2.24 Aditivos

Como hace referencia su nombre, los aditivos son sustancias que son agregadas a los lubricantes para complementar y mejorar sus propiedades, mejorando su calidad técnica, esto ayuda a que no sea necesario la adquisición de un nuevo lubricante.

Aunque agregando aditivos se puede ganar propiedades deseadas para el lubricante, podrían interferir con el proceso de lubricación de las partes móviles. (J. Díaz, 2006)

Es por eso que no se debe exagerar en la agregación de estos, sería mejor evaluar si es mejor el cambiar el tipo de lubricante a usar

Los aditivos tienen tres roles básicos:

- a.) Mejorar las propiedades existentes de la base lubricante
- b.) Suprimir las propiedades indeseables de la base lubricante
- c.) Impartir nuevas propiedades a la base lubricante como aditivos de extrema presión (EP). (F. Martínez, 2006)



Figura 5 Roles Básicos de los Aditivos
Fuente: <http://noria.mx/>

2.2.25 Aditivos polares

Este tipo de aditivos hace referencia a la propiedad de adhesión de los lubricantes. “La polaridad de los aditivos se define como la atracción natural direccional de las moléculas del aditivo con otros materiales polares que están en contacto con el lubricante. En términos sencillos, es cualquier cosa que el agua disuelve o se disuelve en el agua.” (J. Díaz 2006)

Comparándolo con un ejemplo de la vida real, Díaz propone “Una esponja, una superficie metálica, la tierra, el agua y la pulpa de madera, todos son polares. Las cosas que no son polares incluyen la cera, el teflón, la base lubricante mineral, la espalda de los patos y los repelentes al agua.” (J. Díaz, 2006)

Algo similar como el funcionamiento de los imanes al tener polos opuestos, estos se atraen y facilitan que se adhieran a superficies.

2.2.26 Mecanismos polares

“Hay algunos mecanismos polares, como envolver las partículas, emulsificar el agua y recubrir los metales, que son dignos de discusión. Envolver partículas significa que el aditivo se adherirá a la superficie de la partícula y la cubrirá. Estos aditivos típicamente son los desactivadores de metales, los detergentes y los dispersantes. Estos últimos se utilizan para peptizar (dispersar) partículas de hollín con el fin de prevenir la aglomeración, sedimentación y depósitos, especialmente en temperaturas bajas a moderadas. Estos aditivos los observará generalmente en motores de combustión interna.” (J. Díaz, 2006)

Se puede decir también que estos están menos expuestos al tema de oxidación, ya que su uso está más dirigido al tema de motores.

Máquina	Aditivos utilizados comúnmente	Porcentaje del volumen de aceite
Motor de combustión interna	Antioxidante, inhibidor de corrosión, detergente/dispersante, antidesgaste, antiespumante, alcalinos, MIV	10 - 30%
Compresores, turbinas de vapor	Antioxidante, inhibidor de corrosión, demulsificante, antiespumante	0,5 - 5%
Engranajes espirales, cónicos o hipoidales	Antidesgaste, antioxidante, antiespumante, en ocasiones inhibidor de corrosión, extrema presión	1 - 10%
Engranajes sinfín	Extrema presión, antioxidante, inhibidor de corrosión, ácidos grasos	3 - 10%
Sistemas hidráulicos	Antioxidante, antidesgaste, antiespumante, inhibidor de corrosión, depresor del punto de fluidez, mejorador del índice de viscosidad	2 - 10%

*Figura 6 Aditivos usados para ciertos tipos de maquina
Fuente: <http://noria.mx/>*

Los aditivos AW trabajan específicamente para proteger las superficies metálicas durante condiciones límite de operación. Forman una película de contacto dúctil, similar a la ceniza, en temperaturas entre moderadas a altas (65 a 110 grados C).

En condiciones límite, la película AW se cizalla (corta) en lugar del material de la superficie. Un aditivo antidesgaste común es el dialquilditiofosfato de cinc (ZDDP, por sus siglas en inglés). Reduce el riesgo de contacto metal-metal, lo que puede aumentar el calor, provocar oxidación y afectar negativamente la resistencia de la película. (J. Diaz, 2006)

Son buenas opciones cuando se requiera lubricantes que trabajen en condiciones extremas, aunque no están diseñadas para todas estas, puede ser de gran utilidad en ocasiones de emergencia por falta de lubricantes

2.2.27 Tipos de Aditivos para Lubricantes

“Hay varios tipos de aditivos químicos que se mezclan para mejorar, suprimir y posiblemente para agregar algunas nuevas propiedades a las bases lubricantes.

Los aditivos generalmente constituyen alrededor del 0.1 al 30 por ciento del aceite lubricante terminado, dependiendo de la aplicación.” (Noria, 2008)

“Si se denota que el porcentaje del aditivo es mayor que al del lubricante, se debe considerar

el volver a repetir el proceso de selección de lubricante

Los aditivos para lubricantes son productos químicos costosos, y diseñar una mezcla o formulación adecuada de aditivos es una ciencia muy complicada. Es la selección de los aditivos lo que diferencia un aceite de turbina (R&O, por las siglas en inglés de Rúst. and Oxidation), de un fluido hidráulico, de un aceite para engranajes y de un aceite para motor.

Hay una gran disponibilidad de aditivos para lubricantes y se seleccionan para su uso dependiendo de su capacidad para realizar una función determinada. También se eligen por su capacidad para mezclarse fácilmente con las bases lubricantes seleccionadas, que sean compatibles con otros aditivos utilizados en la formulación y que sean económicamente rentables.” (Noria, 2008)

“De aquí ya se hace una diferenciación del componente con respecto al lubricante a usar, no será el mismo un lubricante para motor que uno para cadenas.

Algunos aditivos realizan su función sobre la base lubricante (por ejemplo, los antioxidantes), mientras que otros realizan su trabajo sobre la superficie de la máquina (por ejemplo, los antidesgaste y los inhibidores de herrumbre).” (Noria, 2008)

2.2.28 Aditivos antioxidantes

“La oxidación es el ataque a los componentes más débiles del base lubricante ocasionado por el oxígeno en el aire. Ocurre todo el tiempo a todas las temperaturas, pero se acelera a temperaturas más altas, por la presencia de agua, metales de desgaste y otros contaminantes. Finalmente, causa la formación de ácidos (que producen corrosión) y lodos (que dan como resultado depósitos en la superficie y aumento de la viscosidad). Los inhibidores de oxidación, como también se les conoce, se utilizan para extender la vida útil del lubricante. (J. Diaz 2006) Son aditivos de sacrificio que se consumen mientras cumplen con su función de retrasar el inicio de la oxidación, protegiendo así la base lubricante. Están presentes en casi todos los aceites y grasas lubricantes.” (Noria, 2008)

2.2.29 Aditivos Inhibidores de herrumbe y corrosión

“Estos aditivos reducen o eliminan la herrumbre y la corrosión interna al neutralizar los ácidos y formar una barrera química protectora para repeler la humedad de las superficies metálicas. Algunos de estos inhibidores son específicos para proteger ciertos metales. Por lo tanto, un lubricante puede contener varios inhibidores de corrosión. Nuevamente, son comunes en casi todos los aceites y grasas. Los desactivadores de metal son otros aditivos inhibidores de la corrosión. Estos aditivos reducen o eliminan la herrumbre y la corrosión interna al neutralizar

los ácidos y formar una barrera química protectora para repeler la humedad de las superficies metálicas.” (Noria, 2008)

“Algunos de estos inhibidores son específicos para proteger ciertos metales. Por lo tanto, un lubricante puede contener varios inhibidores de corrosión. Nuevamente, son comunes en casi todos los aceites y grasas. Los desactivadores de metal son otros aditivos inhibidores de la corrosión.” (Noria, 2008)

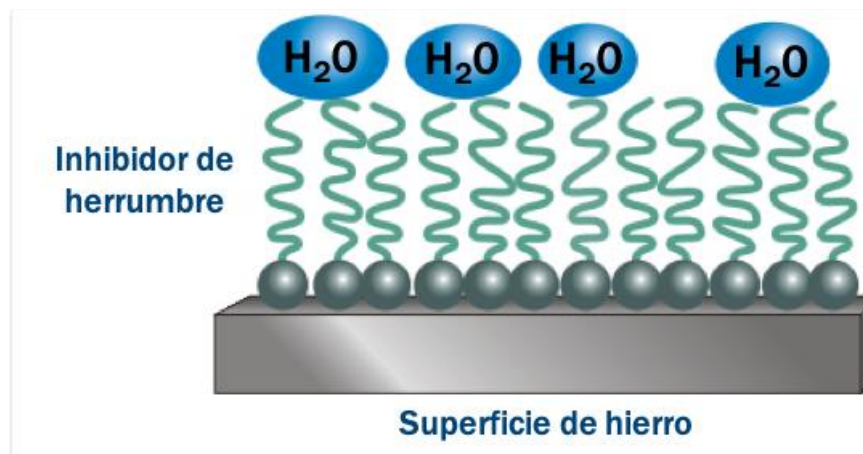


Figura 7 Cómo trabajan los inhibidores de corrosión
Fuente: <http://tribologiauteq.blogspot.com/2013/08/>

2.2.30 Aditivos mejoradores de índice de viscosidad

“Los mejoradores del índice de viscosidad (MIV) son polímeros de alto peso molecular que previenen que el aceite se adelgace temporalmente (pierda viscosidad) a medida que aumenta la temperatura. Estos aditivos se utilizan ampliamente en la formulación de aceites multigrado para motor, como los SAE 5W-30 o SAE 15W-40.” (Noria, 2008)

Estos aditivos son ideales para situaciones que requieren un mejor control en la temperatura de trabajo.

“También son responsables de un mejor flujo de aceite a bajas temperaturas, lo que reduce el desgaste y mejora el ahorro de combustible. Además, los mejoradores del índice de viscosidad se utilizan para fabricar aceites hidráulicos y de engranajes con alto índice de viscosidad para mejorar los arranques y la lubricación a bajas temperaturas.” (Noria, 2008)

Para visualizar cómo funciona un aditivo mejorador de índice de viscosidad, piense que se trata de un pulpo o de un resorte helicoidal que permanece enrollado a bajas temperaturas y

tiene muy poco efecto sobre la viscosidad del aceite. Luego, conforme aumenta la temperatura, el aditivo (pulpo o resorte) se expande o extiende sus brazos (haciéndolos más grandes) y evita que el aceite pierda demasiada viscosidad a altas temperaturas. (Noria, 2008)

“Los MIV tienen un par de características negativas. Los aditivos son polímeros grandes (alto peso molecular), lo que los hace susceptibles de ser cortados por los componentes de la maquinaria (esfuerzo de corte) en pequeños pedazos. Los engranajes son notoriamente una aplicación muy severa para los MIV. El corte permanente del MIV puede causar pérdidas significativas de viscosidad, que pueden detectarse con el análisis de aceite.” (Noria, 2008)

“Otra forma de pérdida de viscosidad se produce debido a las altas fuerzas de corte en la zona de carga de las superficies de fricción (por ejemplo, en cojinetes planos). Se cree que el aditivo que mejora el IV pierde su forma u orientación uniforme y, por lo tanto, pierde algo de su capacidad de espesamiento del aceite.” (Noria, 2008)

“La viscosidad del aceite disminuye temporalmente dentro de la zona de carga y luego regresa a su viscosidad normal después de que la abandona. Esta característica realmente ayuda en la reducción del consumo de combustible.” (Noria, 2008)

“Hay diferentes tipos de MIV (los más comunes son los copolímeros de olefina). Los MIV de alta calidad son menos susceptibles a la pérdida permanente de viscosidad por cizallamiento que los MIV de bajo costo y baja calidad.” (Noria, 2008)

2.2.31 Aditivos con Agentes antidesgaste (AW)

“Estos aditivos normalmente se utilizan para proteger las piezas de la máquina contra el desgaste y la pérdida de metal durante las condiciones de lubricación límite. Son aditivos polares que se adhieren a las superficies metálicas y reaccionan químicamente cuando se produce contacto metal-metal en condiciones de lubricación mixta y límite.” (Noria, 2008)

Es similar a un proceso de alarma, que notifica cuando notan la ausencia de lubricante en una parte del equipo, esto ayuda a mejorar el mantenimiento preventivo.

“Se activan por el calor de contacto para formar una película que minimiza el desgaste. También ayudan a proteger a la base lubricante y al metal del daño causado por los ácidos corrosivos de la oxidación. Estos aditivos se “agotan” al realizar su función, después de lo cual aumentará el daño por desgaste adhesivo.” (Noria, 2008)

Generalmente son compuestos de fósforo, siendo el más común el dialquilditiofosfato de cinc (ZDDP). Existen diferentes versiones de ZDDP, algunas para aplicaciones en sistemas

hidráulicos y otras para temperaturas más altas, como en los aceites de motor. El ZDDP también tiene algunas propiedades antioxidantes e inhibidoras de corrosión. Además, otros productos químicos a base de fósforo se utilizan para la protección contra el desgaste como el tricresil fosfato (TCP, por sus siglas en inglés).

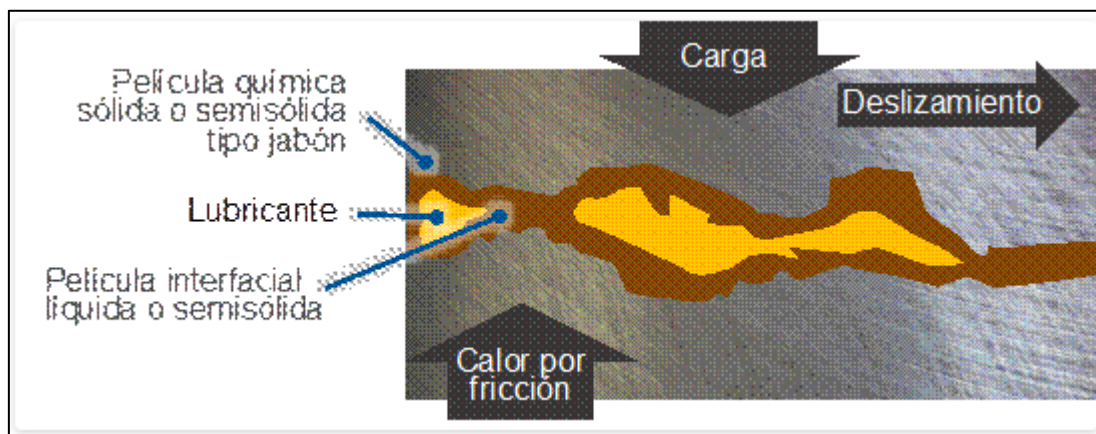


Figura 8 Cómo funcionan los aditivos antidesgaste y extrema presión
Fuente: <http://noria.mx/>

2.2.32 Aditivos de Extrema presión (EP)

Estos aditivos son más agresivos químicamente que los aditivos AW. Reaccionan químicamente con las superficies de metal (hierro) para formar una película de sacrificio que evita la soldadura y el aferramiento de las asperezas causadas por el contacto metal-metal (desgaste adhesivo). (Noria, 2008)

Se activan por el contacto que se crea con altas cargas y altas temperaturas. Normalmente se usan en aceites para engranajes y dan a esos aceites un olor único y fuerte a azufre. Estos aditivos generalmente contienen compuestos de azufre y fósforo (y ocasionalmente compuestos de boro). (Noria, 2008)

Muy ideales cuando se tiene la idea que existirán grandes cargas, estos tienen un alto nivel de viscosidad para soportar los golpes de impacto y presión de carga.

Pueden ser corrosivos para los metales amarillos, especialmente a altas temperaturas, y por lo tanto no deben usarse en engranajes sinfín-corona (si la corona es de bronce) y aplicaciones similares donde se usan aleaciones en base a cobre. Existen algunos aditivos EP a base de cloro, pero rara vez se usan debido a problemas de corrosión. (Noria, 2008)

“Los aditivos antidesgaste y de extrema presión forman un grupo grande de aditivos químicos

que cumplen su función protegiendo las superficies metálicas durante condiciones de lubricación límite o escasa, formando una película protectora o una barrera sobre las superficies de desgaste.” (Noria, 2008)

Mientras la película hidrodinámica o elastohidrodinámica se mantenga entre las superficies metálicas en movimiento, no se producirá una lubricación límite o escasa, haciendo que estos aditivos no sean necesarios para realizar su función. (Noria, 2008)

Cuando la película de aceite se rompe por alta carga o alta temperatura y entran en contacto las asperezas de las superficies, estos aditivos de lubricación límite protegen las superficies contra el desgaste. (Noria, 2008)

2.2.34. Gestión en el proceso de Lubricación

Después de todo lo estudiado, podemos deducir que “la lubricación es uno de los factores más importantes en la industria, y puede ser clave para que con ello se garantice que las máquinas trabajen en condiciones óptimas, y estando en estas condiciones se puede lograr una producción eficiente.” (J. Diaz, 2006)

Además, no solo es el aplicar sino también desde su selección y almacenaje “El lubricar una máquina, un equipo o componente, involucra varios aspectos, como pueden ser primero, la selección del lubricante adecuado basado en la función del elemento, la aplicación del lubricante en los puntos necesarios en cantidades requeridas, con la frecuencia necesaria, también es importante la logística y almacenaje de los lubricantes en un lugar adecuado.”

Sin un correcto almacenaje, el lubricante podría perder sus propiedades internas, y solo quedaría desecharlo.

La selección del lubricante es el primer paso y el más importante, ya que aun si realizamos el proceso correctamente, no tendrá el mismo efecto ya que no se está usando el lubricante indicado, esto genera que no haya algún cambio positivo en el funcionamiento del equipo.

Pero cubriendo el tema de selección de lubricación contra el de almacenaje, las dos son importante y no se pueden descartar sin un buen motivo.

a.) Lubricar equipos con lubricantes conocidos

Nos referimos al proceso de selección visual y estudio en el mercado, cada que se debe rellenar, cambiar los aceites o grasas. (J. Diaz, 2006)

Entre más marcas se conozcan, será más grande la opción de gestionar la lubricación, esto se puede aprender con la experiencia de trabajo en la rama de lubricación.

Se agrega, además, según Díaz, “Si bien es cierto este es un proceso simple, pero debe existir la visión, que lo que un día era lo óptimo, posteriormente puede quedar obsoleto, sobre todo en la medida que cada día se están ofreciendo en el mercado lubricantes con mayor performance.” (J. Díaz, 2006)

b.) Reemplazar un lubricante determinado

“Se trata en este caso de reemplazar un lubricante no solamente con uno nuevo, sino con uno diferente que cumpla o mejore las especificaciones necesarias para el proceso.” (J. Díaz, 2006)

c.) Selección de un nuevo lubricante

Como su propio nombre lo dice, y teniendo o no antecedentes de un lubricante anteriormente usado “Se presenta cuando se debe seleccionar para un determinado equipo, un lubricante, en el que se desconoce cuál era usado anteriormente.” (J. Díaz, 2006)

“Esta situación se presenta es algo común en la industria, cuando se trata de equipos antiguos, de los cuales no se tiene catálogos o información técnica, y tampoco registros de sus actividades, específicamente de lubricación.” (J. Díaz, 2006)

Por eso es importante el guardar registros de todo acontecimiento que tenga relación con el funcionamiento de un equipo, ya que estos serán de gran ayuda al momento de buscar una solución a problemas de mantenimiento.

2.2.35 Factores que influyen en la elección de un lubricante

Para tener en mayor respaldo en este punto nos haremos de ayuda de las normas anteriormente mencionadas, como lo dice Díaz “En la selección de un lubricante para un equipo, hay tener presente que se tiene que utilizar un lubricante de especificación ISO en caso de aceites, o NLGI en el caso de la grasa, y que las recomendaciones, se debe homologar a estos sistemas. Todo esto se realiza con el fin de que el personal tenga una mejor comprensión de los del uso de los lubricantes que se están empleando en planta.” (J. Díaz, 2006)

a.) Empleo o uso de catálogos del fabricante del equipo

“Las recomendaciones del lubricante que recomienda el fabricante del equipo es la información más importante a la hora de seleccionar dicho lubricante. No obstante, se debe tener siempre presente, que las recomendaciones que nos dan los fabricantes, se hacen considerando condiciones normales de trabajo del equipo o máquina y, por lo tanto, para casos especiales en los cuales se trabaje bajo condiciones extremas se tiene que consultar al fabricante sobre si mantiene sus sugerencias iniciales, ya que probablemente estas cambien.” (J. Díaz, 2006)

De no ser así, se deben programar visitas invitando al fabricante a revisar el funcionamiento del equipo, y solicitar consejos de cómo aplicar un lubricante que ayude a alargar el tiempo de vida del componente

b.) Solicitar la asesoría de especialistas:

Esto se da cuando no se tiene la información del fabricante o es insuficiente para las condiciones de trabajo extremas y en la empresa no se cuenta con personal técnico con experiencia en el tema de la lubricación, por lo que se debe recurrir a especialistas respecto al tema. Existen varias empresas y laboratorios dedicados y equipados con herramientas de simulación y revisión de lubricantes. (J. Diaz, 2006)

c.) Uniformidad de marcas:

“Esto se trata de en lo posible de unificar las marcas y proveedores de los lubricantes, tanto para los solicitados por los fabricantes, así como del tipo de lubricante a usar para otros elementos, esto con la idea de evitar la diversidad innecesaria de aceites y grasa, que pueden ocasionar situaciones de incremento económico en los procesos además de aumentar los riesgos de contaminación en lo que respecta a la manipulación y almacenaje También desde el punto de vista económico es más ventajoso, ya que adquirir productos de un mismo proveedor en mayor cantidad, siempre resulta en un costo más bajo.” (J. Diaz, 2006)

Es una práctica muy usada en muchas empresas que quieren llevar un orden en los aspectos de almacenaje y compras. Esto sirve de una manera drástica a bajar costos.

d.) Condiciones de operación de los equipos:

“Al realizar la selección de un lubricante se debe tomar en cuenta bajo qué condiciones trabajará el equipo y por consiguiente también el lubricante, por eso es importante evaluar los factores específicos como son: temperatura, carga, contaminación ambiental, etc.” (J. Diaz, 2006)

e.) Factores varios:

Pueden ser la velocidad de operación, el tipo de rozamiento, naturaleza de los componentes, rugosidad en las superficies, métodos de aplicación del lubricante, entre otros. (J. Diaz, 2006)

2.2.36 Propiedades del Lubricante

Con el propósito de tener un mejor conocimiento de “los tipos de lubricantes que se pueden usar, es importante que el personal encargado, tenga el conocimiento necesario acerca de las especificaciones técnicas de los productos, los cuales comúnmente son hallados en manuales de fabricación o normas estandarizadas.” (J. Diaz, 2006)

De no contar con manuales, o desconocer normas, será necesario un proceso de capacitación al personal de lubricación, esto con el propósito de que conozcan las diferentes propiedades y situaciones que se pueden presentar al seleccionar un lubricante, sus beneficios y consecuencias.

El beneficio más importante de esta información es el poder cuantificar la cantidad de lubricante a usar, una gran ayuda en el aspecto económico. Asimismo, teniendo al personal informado respecto a las propiedades de los lubricantes utilizados, es posible una mejor reacción en casos de emergencia, por ejemplo, cuando se agota un tipo de lubricante necesario para una máquina que es crítica en el proceso productivo. (J. Díaz, 2006)

2.2.37 Selección de Lubricante para Elementos Mecánicos

Se empieza a evaluar las piezas mecánicas que trabajaran, por eso “es importante mencionar que seleccionar lubricantes no es una tarea sencilla, ya que encierra en muchos aspectos, el análisis, pruebas y ensayos, lo que quiere decir que cada vez que se selecciona un lubricante y es empleado puede que no de los resultados esperados, por lo que se debe llevar a cabo nuevamente el proceso de selección, tomando en cuenta los resultados que se obtuvieron al utilizar el lubricante que fue usado con anterioridad.” (J. Díaz, 2006)

La experiencia es muy útil en este campo, ya que ayuda que cada vez sea más sencilla la selección del lubricante adecuado. (J. Díaz, 2006)

En algunos casos puede ser una tarea de conocimiento empírico, ya que la experiencia en este campo es de mucha utilidad, debido a los diversos factores que se pudieron haber presentado en el tiempo de vida de un trabajador y las soluciones que le dieron.

Se mencionan a continuación métodos para realizar la elección, y mediante el uso de estos se puede ir haciendo las pruebas respectivas hasta seleccionar el lubricante que sea más óptimo, aunque si la aplicación es muy específica considerando que estaremos en situaciones fuera de los parámetros especificados, como por ejemplo “que el lubricante estará sometido a cargas y temperaturas fuera de las normales, es recomendable recurrir a los mismos proveedores de lubricantes quienes poseen un Departamento Técnico de Ingenieros Consultores, especialistas en el análisis de estas situaciones.” (J. Díaz, 2006)

Otra solución sería la asesoría por parte de un laboratorio, esta opción suele tener un costo más elevado que la anterior. (J. Díaz, 2006)

2.2.38 Selección de Lubricantes para cadenas

Es de conocimiento que las cadenas tienen un esfuerzo constante ya que son usadas comúnmente para transmisión de fuerzas, Según Díaz “La mayoría de las cadenas usadas en la industria tienen tiempos de vida muy cortas. Al significar un gasto mayor, hace que muchas empresas hayan dejado de lado el uso de las mismas, y sustituirlas por correas. Pero en algunos casos, no es un problema al cien por ciento respecto al diseño de las cadenas, sino al método por el que son lubricadas.” (J. Díaz, 2006)

“El método más conocido consiste en aplicar lubricantes extremadamente viscosos o grasas en el exterior de la cadena, esto es más que suficiente para lubricar los piñones y la parte externa, pero no hace mucho efecto en lo que refiere lubricar las partes más vulnerables debido a que estas son las que hacen el mayor rozamiento de la cadena: las superficies de contacto entre el perno, casquillo y rodillo.” (J. Díaz, 2006)

Esto se hace ya que es muy importante el lubricar las partes inaccesibles de la cadena, ya que es esa parte la que más trabaja.

“Un lubricante específico de cadenas por lo tanto debe tener una propiedad penetrante alta, y eliminar la suciedad y partículas que ocasionan desgaste de los piñones y de la cadena.

Las condiciones de trabajo, tales como carga, ambiente, temperatura y velocidad, también deben ser tenidos en cuenta.” (J. Díaz, 2006)

Algunos de los lubricantes recomendables para cadenas se pueden apreciar en el cuadro mostrado. Cabe mencionar que además de una alta penetración las cadenas requieren que los lubricantes tengan un alto nivel de adhesión a sus componentes para no ser expulsado debido a su constante movimiento. “En el siguiente cuadro se relaciona el paso de la cadena con la velocidad del piñón motor y la viscosidad del aceite en número ISO.” (J. Díaz, 2006)

Tabla 1 Selección de lubricante para cadenas

Fuente: "<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd542d/doc/bmfcd542d.pdf>"

PASO CADENA		VELOCIDAD NORMAL MAX. DEL PIÑÓN	VISCOSIDAD	TEMPERATURA
mm	Plg.	R.P.M.	ISO	°C
9,525	3/8	5000	46	-6 a 4
12,7	1/2	3750	46	-6 a 4
15,875	5/8	2750	46	-6 a 4
19,05	3/4	2000	68-100	4 a 40
25,4	1	1500	68-100	4 a 40
31,75	1 1/4	1200	100	4 a 40
38,1	1 1/2	900	100	40 a 50
44,45	1 3/4	700	150	40 a 50
50,8	2	550	150	40 a 50
63,5	2 1/4	450	150	50

Un ejemplo común para el uso del cuadro es el siguiente; se tiene una cadena con un paso de 1" cuya velocidad del piñón es de 1200 RPM. y su temperatura de trabajo varía de 10 a 30°C. Entonces nos ubicamos en la fila número seis ya que es el rango más cercano a la velocidad (1200RPM), así como la temperatura de trabajo, por lo que podemos deducir que a este tipo de cadena le corresponde un número ISO 100. (J. Diaz, 2006)

2.2.39 Método de Selección de lubricante para Cojinetes

Pasando del punto de transmisión, hacia el de soporte, se deben obedecer otros parámetros, en los cuales "Hay varios que son empleados para la selección de lubricantes para cojinetes de cualquier tipo, esto variara dependiendo principalmente de su fabricante ya que en sus catálogos se puede encontrar la información necesaria para su correcta selección y aplicación del lubricante en sus productos." (J. Diaz, 2006)

Nótese que en estos casos y muchos otros, las indicaciones del fabricante deben ser muy tomadas en cuenta, el ignorarlas como en muchos casos sucede, podría significar el deterioro temprano del equipo.

En caso de que no se tuviera el manual "se recomiendan aceites de muy alta calidad con inhibidores de herrumbre y oxidación (R&O), especialmente cuando los cojinetes se encuentran en altas temperaturas de trabajo y exista la posibilidad de que se pueda oxidar el aceite y llevar a la formación de contaminantes." (J. Diaz, 2006)

“En el caso de usar una grasa, se elige en ocasiones en donde el cojinete trabaja a bajas velocidades. Si se desea seleccionar la viscosidad adecuada para el cojinete se utiliza la figura N°9 en la que se relaciona el diámetro del eje, la velocidad y la temperatura de trabajo.” (J. Diaz, 2006)

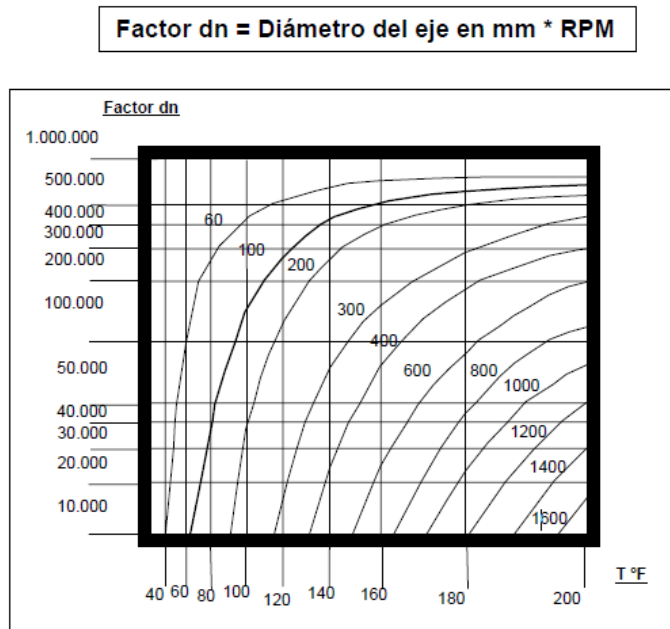


Figura 9 Grafico T vs Factor dn

Fuente: “<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd542d/doc/bmfcd542d.pdf>”

Supongamos que tenemos un rodamiento con diámetro de eje de 100 mm girando a 300RPM y a una temperatura de trabajo de 80°C, la viscosidad correcta será:

$$\text{Factor dn} = 100 \times 300 = 30000$$

“Ubicándonos en el gráfico tomaremos la línea horizontal de los 30000 de factor dn hasta el punto de intersección con los 80°C transformados a grados Fahrenheit esto sería 176°F, este punto se encuentra entre las curvas de viscosidad 1200 y 1400 SSU, aproximadamente 1300 SSU equivalente a un grado ISO N°310. en la tabla de composición de viscosidades (Anexo 1) Así pues, se llega a la conclusión que se debe seleccionar el aceite ISO N°320 que además debe tener inhibidores de herrumbre y oxidación (R&O).” (J. Diaz, 2006)

Este gráfico, y su uso es similar a uno de selección de bombas, aunque obedece otros parámetros, el conocer del tema puede ayudar a simplificar su uso.

“En el caso de que se deba seleccionar una grasa es importante elegir una de composición

blanda. La más conveniente podría ser una de grado NGL11 y realizar pruebas hasta llegar a usar la NGL3 que son las que están más destinadas a la lubricación de cojinetes. Su composición de preferencia debe tener una base jabonosa de alto grado y un aceite libre de ácidos.” (J. Diaz, 2006)

Para teoría de grasas NGL, revisar anexo 3.

2.2.40 Método de Selección de Lubricante para Engranajes

En el caso de los engranajes, sus lubricantes deben poseer ciertas características como, por ejemplo; neutralidad a la corrosión, propiedades antiespumantes, no deben tener propiedades abrasivas, además de presentar resistencia a la humedad. (J. Diaz, 2006)

“Si los engranajes operar a elevadas temperaturas será un requisito importante una buena resistencia a la oxidación y cuando se trabaje a bajas temperaturas se usará un aceite con bajo punto de congelación. Si se tienen rangos de temperatura variables será necesario un lubricante con alto Índice de Viscosidad.” (J. Diaz, 2006)

Además de la selección del lubricante, tendrá una gran influencia también el método de lubricación ya sea manualmente o por goteo

“En el cuadro siguiente cuadro se muestran algunos de los aditivos que deben poseer los aceites.” (J. Diaz, 2006)

Tabla 2 Propiedades de los aditivos necesarios para lubricar engranajes
Fuente: “<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd542d/doc/bmfcd542d.pdf>”

ADITIVOS	TIPO DE ENGRANAJE		
	SINFIN	HIPOIDAL	OTROS
ANTIHERUMBRE		X	X
ANTICORROSION	X	X	X
ANTIOXIDANTE			X
PARA BAJAR PTO. DE CONGELACIÓN	X	X	X
ANTIESPUMA	X	X	X
EP	X	X	
DE ADHERENCIA	X		

Se recomienda usar lubricantes con alto nivel de adhesión, ya que como lo menciona Diaz: “En el caso de utilizar grasa para la lubricación de engranajes esta debe poseer propiedades adhesivas especiales para mantener el lubricante sobre la superficie y evitar daños por efecto del agua, humedad o polvo, el lubricante puede ser aplicado con brocha o espátula.” (J. Diaz,

2006)

Gracias a su propiedad de adhesión hará su aplicación más fácil, ya que se la capa se mantendrá junto con la superficie por mucho más tiempo, disminuyendo el número de aplicaciones en un determinado tiempo

“En el caso de los engranajes cerrados también debe poseer cualidades adhesivas en estos casos la grasa se mantiene dentro aun si la calidad de los sellos es mala.” (J. Diaz, 2006)

Tabla 3 Viscosidad según engranajes

Fuente: “<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd542d/doc/bmfcd542d.pdf>”

ENGRANAJES CERRADOS		
GRADO ISO	cSt A 40°C	NUMERO AGMA
46	41,4 - 50,6	1
68	61,2 - 47,8	2, 2EP
100	90 - 110	3, 3EP
150	135 - 165	4, 4EP
220	198 - 242	5, 5EP
320	288 - 352	6, 6EP
460	414 - 506	7 COMP, 7EP
680	612 - 748	8 COMP, 8EP
1000	900 - 1100	8A COMP, 8AEP
ENGRANAJES ABIERTOS		
GRADO ISO	cSt A 40°C	NUMERO AGMA
1500	1350-1650	9, 9EP
-	2880-3520	10, 10EP
-	4140-5060	11, 11EP
-	6120-7480	12
-	25000-38400	13
COMPUESTOS RESIDUALES cSt 100°C		
-	428 - 857	14 R
-	587 - 1714	15 R
EP: EXTREMA PRESION		
R: COMPUESTOS RESIDUALES		

2.2.41 Procedimiento para la selección de un nuevo lubricante

a.) Elección de la fase del lubricante

“El primer paso para este tipo de elección, es revisar si el equipo debe utilizar grasa o aceite para su lubricación. Ambas alternativas pueden lubricar satisfactoriamente un componente mecánico o a todo el equipo en si, por ejemplo, el caso de que fuese un rodamiento, lo más conveniente sería hacerlo con una grasa ya que no tiene mucha mantención por parte del personal debido a que están ubicados en zona de acceso complicado, por eso la elección de un lubricante semisólido sería la mejor opción ya que esta se adhiere a los elementos constituyentes del rodamiento manteniéndolo cubierto por un tiempo considerable.” (J. Diaz, 2006)

Todos estos detalles deben ser tomados en cuenta, ya que de esto depende si nuestra elección será la acertada o no, haciendo los pasos siguientes inútiles si no se hace este correctamente.

“Otro caso son los reductores estos se lubrican generalmente con aceite debido a las cargas y velocidades provocan altas temperaturas en sus elementos.” (J. Diaz, 2006)

b.) Identificar condiciones de operación

Para una acertada selección del medio lubricador se debe tener conocimiento el ambiente en el cual operará y será expuesto el lubricante.

Tabla 4 Lubricante a usar según las condiciones de trabajo

Fuente: “<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcid542d/doc/bmfcid542d.pdf>”

Condiciones	Usar lubricante de:
<i>Mayor Velocidad</i>	<i>Baja viscosidad</i>
<i>Menor Velocidad</i>	<i>Viscosidad alta</i>
<i>Carga Ligera</i>	<i>Baja viscosidad</i>
<i>Carga Pesada</i>	<i>Viscosidad alta</i>
<i>Baja Temperatura</i>	<i>Baja viscosidad</i>
<i>Alta Temperatura</i>	<i>Viscosidad alta</i>

c.- Selección de lubricante

Como punto principal del tema de este documento, “se procede a la selección del lubricante según condiciones de trabajo. También se puede obtener información valiosa acerca de las propiedades y aplicación de los lubricantes consultando con el proveedor de estos. Por ejemplo, las compañías SHELL, MOBIL, etc. tienen catálogos muy completos disponibles a todo el público, en caso se desee una información más específica y técnica, será necesario solicitarla directamente.” (J. Diaz, 2006)

Si no se es muy experto en la lectura de catálogo y entendimiento de referencias, es necesario buscar un especialista que ayude a la selección del lubricante, en muchas ocasiones puede tener un costo elevado, pero es mejor antes de estar frente a una falla.

Puede suceder que el equipo este trabajando bajo dos condiciones que nos indican viscosidades distintas

“Si la unidad, por ejemplo, trabaja a altas velocidades con cargas de alto peso, el encargado

deberá tomar una decisión evaluando que condición es más crítica y según eso se tomara la mejor elección.” (J. Diaz, 2006)

No basta con solo realizar el cambio del lubricante, sino que: “Después de un periodo de utilización del lubricante seleccionado, se debe realizar el análisis respectivo y si este no resulta adecuado para el equipo, lo que se realiza comúnmente es cambiar el lubricante por otro de características similares, lo que es más conocido como pruebas de ensayo y error.” (J. Diaz, 2006)

En resumen, para estos casos, es muy necesario tener un alto nivel de observación para poder notar el comportamiento diario del lubricante, y decidir si amerita un cambio o no.

Para la selección del medio de lubricación, “suele depender de la experiencia y conocimientos que el especialista tenga en el tema. No existe una formula exacta que indique que o cual es el medio indicado de lubricación cuando no se tiene información anterior.” (J. Diaz, 2006)

2.2.42 Almacenaje y Manipulación de Lubricantes

Ahora se tocará el punto del cómo se debe tratar los lubricantes adquiridos, según Martínez: “Durante el proceso de fabricación de lubricantes, al tratarse de un elemento que debe tener una pureza extrema, las empresas utilizan los más severos estándares de limpieza y control de calidad, asegurando que el producto salga cumpliendo los estándares requeridos.” (F. Martínez, 2002)

Es de fundamental para preservar el lubricante el mayor tiempo posible, mantener un adecuado almacenamiento y correcta manipulación del mismo.” (J. Diaz, 2006)

Para esto se debe contar con los implementos necesarios, guantes, traje, mascarilla, probeta de recolección, etc. y así asegurar la fidelidad de la muestra almacenada.

La contaminación de los lubricantes es una de las fallas más comunes encontradas en maquinaria. Esto puede ocurrir no solo en el almacenaje, también puede pasar durante el transporte, y aplicación del mismo.

“Antes de poder llevar a cabo la tarea directa de lubricación, es importante asignar a personas responsables de la gestión del lubricante dentro del área de trabajo. Ellos se encargarán según el tamaño de la planta, la cantidad de lubricante que se maneja. Para una gestión eficaz se deberá controlar los stocks y consumos, para evitar tener incongruencias respecto al uso y cantidad almacenada.” (J. Diaz, 2006)

2.2.43 Bodega de Lubricantes

Esta además decir, que como todo elemento con propiedades mayormente liquidas deberán almacenarse bajo techo cubiertos especialmente del sol.

Los lubricantes son muy sensibles a las temperaturas extremas, una constante variación en la temperatura puede alterar sus propiedades, por lo que no debe ser sometido a cambios bruscos de temperatura durante su almacenamiento. Comúnmente se almacenan dentro de tambores (tanques) y cilindros estos se mantienen una parte con aire, y podría ocurrir que la humedad de dicho aire, producto de un aumento en la temperatura contamine el aceite en su interior. (J. Diaz, 2006)

La construcción a contener estos elementos debe garantizar un espacio fresco, y libre de impurezas que desprende a jornada laboral, ya que, si los contenedores se contaminan, lo hará todo el aceite en su interior.

“Los tambores deben almacenarse en posición horizontal, mientras que los cilindros en posición vertical lejos de cualquier posible contaminación de agua, con las etiquetas visibles para facilitar su identificación.” (J. Diaz, 2006)



Figura 10 Almacenaje de cilindros con lubricante
Fuente: <http://www.reyemsa.com/web/producto-1.html>

Como recomendación, no descuidar el tema de seguridad y preservación del medio ambiente.

Esto encierra el mantener limpio el lugar de almacenaje, tener la correcta señalización de las áreas, así como el uso de implementos de seguridad.

Respecto al tema del medio ambiente, evitar derrames innecesarios de lubricante, y tener un lugar de recojo destinado para el lubricante ya usado.

Frente a cualquier duda, se debe plantear una inspección por un organismo especializado en la rama de seguridad y medio ambiente. (J. Diaz, 2006)

2.2.44 Control de Inventarios

El manejo de estas es muy diferente según la industria o empresa en la cual se estén haciendo las actividades, si bien es cierto, lo más común es trabajar con un stock mínimo, pero esto es solo recomendable si el ámbito de trabajo tiene una correcta gestión

Lo ideal es trabajar con stock mínimos, para lo cual debemos basarnos en la siguiente información disponible

- Plan de lubricación,
- Historial de lubricantes usados
- Órdenes de compra
- Lista de proveedores.

Obteniendo estos datos, se hace posible el hacer un estudio del uso de lubricantes, y mejorar el uso de estos, disminuyendo su uso y costos.

Otro punto importante es la rotación del stock dentro del almacén de lubricante, ya que evita que pierdan sus propiedades si están mucho tiempo guardados, hasta llegar a su fecha de caducidad. (J. Diaz, 2006)

En la siguiente tabla se presenta una tabla con un tiempo aproximado de caducidad de estos.

Tabla 5 Tiempo de vida aproximado de aceites.

Fuente: "<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcid542d/doc/bmfcid542d.pdf>"

PRODUCTO	TIEMPO MÁXIMO RECOMENDADO DE ALMACENAJE(MESES)
<i>Grasas de litio</i>	12
<i>Grasas complejos de calcio</i>	6
<i>Aceites lubricantes</i>	12
<i>Emulsiones resistentes al fuego</i>	6
<i>Aceites solubles</i>	6
<i>Emulsiones</i>	6
<i>Nota: Si alcanza el limite verificar calidad con análisis</i>	

La ubicación debe ser preferentemente, los lubricantes con mayor rotación sean los más accesibles.

“Si se conservan los registros de los lubricantes con mayor uso, se puede utilizar este sistema para controlar el rendimiento de la planta y colaborar en la planificación de mantenimiento.” (J. Diaz, 2006)

2.2.45 Gestión de Lubricación según datos obtenidos

Ya sea en un formato digital o escrito, los datos de los lubricantes ya usados deben ser analizados si estos no cumplieron con algún estándar esperado, en muchos casos se suele obviar este paso, pero es muy importante para revisión de posibles fallas. Este procedimiento podría ser incluido dentro del plan de calidad de la empresa, y formar a un personal capacitado para esta tarea. (J. Diaz, 2006)

“Lo más óptimo es que exista un personal de recolección de datos y otro de análisis de datos, y recibir una capacitación distinta, que garantice resultados acordes a la realidad del trabajo. Estos procedimientos deben ser fáciles de encontrar y usar, en un formato que sea de fácil uso para el personal encargado, sea digital o impreso, de manera que pueda ser anexado a las tareas asignadas.” (J. Diaz, 2006)

2.2.46 Control de Fugas y Derrames

El tema de medio ambiente es un tema en la actualidad muy delicado y muy importante para el trabajo de una compañía, por lo cual se hace necesario realizar un programa de cómo controlar fugas y derrames, además de pérdidas innecesarias en lubricantes. “Este programa, incluye el cuidado de los componentes y las prácticas correctas del mantenimiento. Involucra al Especialista de Lubricación en lo relacionado a la pérdida de aceite debido a una interna que puede ser debido a cambios en el sistema de trabajo. Incrementa los costos ocultos de la pérdida de aceite, incluyendo los costos de recolección y disposición, con frecuencia son ignorados.” (J. Diaz, 2006)

“Para la reducción de las fugas o pérdidas es muy importante realizar informes mensuales de consumos. Se debe ir comparando los consumos de meses anteriores y el consumo previsto.” (J. Diaz, 2006)

Evaluando la tasa de consumo según la siguiente fórmula

$$\text{TASA DE CONSUMO} = \frac{\text{COMPRAS ANUALES DE ACEITE}}{\text{VOLUMEN DE LA CARGA DE LA MAQUINARIA}}$$

“El objetivo de este procedimiento es conseguir la reducción del lubricante utilizado, aun así, no basta con reducir las fugas y derrames de lubricantes para obtener una tasa de consumo menor, también es importante también hacer que el lubricante tenga una duración mayor, y esto se puede conseguir con un lubricante limpio y de mejor calidad.” (J. Diaz, 2006)

Una buena práctica de control de lubricación es rellenar una ficha informativa cada vez que se produzca una fuga. Existe una clasificación SAE para realizar este tipo de control. (J. Diaz, 2006.

Tabla 6 Clasificación SAE para fugas de aceite

Fuente: “<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd542d/doc/bmfcd542d.pdf>”

CLASE SAE	DENOMINACIÓN DE LA FUGA	DESCRIPCIÓN DE LA FUGA (BAJO CONDICIONES SIN SUCIEDAD)
0	<i>Seco</i>	<i>Sin humedad</i>
1	<i>Derrame</i>	<i>Cualquier fuga no recurrente</i>
2	<i>Filtración</i>	<i>Fuga recurrente pero sin formar depósito</i>
3	<i>Goteo</i>	<i>Fuga recurrente pero que forma depósito</i>
4	<i>Goteo continuo</i>	<i>Fuga recurrente continua</i>
5	<i>Flujo</i>	<i>Fuga recurrente con flujo importante</i>

2.2.47 Personal de Lubricación

Esta actividad requiere que el personal encargado, este capacitado, no solo en cómo aplicar el lubricante, sino también su selección, almacenaje y desecho. Como se mencionó anteriormente en algunas empresas, el área de mantenimiento piensa que esto es solo una actividad más y designan como lubricador a la persona con menor jerarquía. (J. Diaz, 2006)

Además de ser discriminatorio, hacen ver a esta labor como algo degradante, cosa que en la realidad no es así, ya que como se vio, es una labor que requiere mucha atención.

La mayor o menor vida útil de las máquinas, depende en gran porcentaje, en la selección del personal encargado de lubricarlas. La preparación y formación del personal a cargo de esta tarea demanda mucho tiempo; ya que se debe poseer un conocimiento respecto al funcionamiento de las máquinas, el cual se obtiene través de la experiencia.

Son raras las situaciones en las cuales el lubricador recibe un entrenamiento que incluya una capacitación en su oficio, en mi experiencia laboral en muchos casos solo reciben una aceitera o pistola de engrase y se le asigna un cronograma de equipos a lubricar. (J. Diaz, 2006)

Al no recibir una capacitación, no ejercerán bien su labor, y a pesar de haber seleccionado un lubricante correcto, el aplicarlo será un fracaso

Un buen operario de lubricación con una alta capacitación le puede representar a compañía un gran ahorro en compra de lubricantes y elementos de máquinas, ya que minimiza compra de repuestos y paros de mantenimiento, además también en el área de recursos humanos y asignación de tareas, ya que, teniendo una persona encargada de esta tarea, ayuda a que personal de mantenimiento y operación este enfocada en las tareas que les corresponde. (J. Diaz, 2006)



Figura 11 Personal realizando proceso de lubricación

Fuente: <https://www.elcomercio.com/deportes/carburando-aceite-transmision-mantenimiento-autos.html>

2.2.48 Implementación de un plan de Lubricación

a.) Capacitación

“En este tipo de capacitaciones se dan los conceptos básicos de lubricación y tribología. Después de esta capacitación surge como primera medida el nivel de conocimiento en planes de lubricación que tienen los participantes y se planifican el resto de los cursos y las posibilidades de realizar un plan con éxito.” (Hyflon, 2012)

b.) Relevamiento

“Se relevan todas las condiciones tribológicas de todos los equipos de planta, para ellos se necesita de manera excluyente el apoyo de un personal de la empresa, los datos que se necesitan son, por ejemplo: Número de rodamiento, RMP, Potencia, Temperatura máxima y mínima ambiental, Influencias de temperaturas externas (Horno, cámara de frío, etc.), Lubricante utilizado actualmente, Cantidad, Periodicidad, Modo de aplicación, Recomendaciones del fabricante.” (Hyflon, 2012)

Para esto debe haber un registro de documentación con los componentes que se están revisando y los lubricantes anteriormente usados. Con esto es más fácil el detectar fallas.

c.) Cálculo

“De acuerdo a cada componente se calcula el mejor tipo de lubricante (de manera genérica o con la marca que este acostumbrado a trabajar el cliente, en caso que tenga productos adecuados). Se calcula la cantidad a utilizar, El periodo de re lubricación, Las herramientas de lubricación, Los cambios mecánicos necesarios para un correcto funcionamiento.” (Hyflon, 2012)

Los cálculos son muy útiles para comparar resultados reales contra resultados ideales calculado, ayuda también a detectar fallos en el plan de mantenimiento.

d.) Armado del plan de lubricación

“Una vez hecho todos los cálculos se arma una carpeta de lubricación con una hoja por maquina (o la cantidad necesaria) donde figura: Foto indicativa de punto a lubricar, Lubricante a utilizar, Cantidad en gramos, Herramientas a utilizar, Condiciones de seguridad, Periodo de re lubricación, Actividades de chequeo, Tiempo estimado de la tarea, Actividades de limpieza adicionales.” (Hyflon, 2012)

Se designa un personal rotativo, para que así haya más personas capacitadas acerca del tema de lubricantes.

e.) Estandarización de lubricantes y depósito de lubricantes

“Se organiza y ordena la lubricación desde el almacén hasta punto a lubricar. Rediseño del almacén de lubricación, Codificación de los lubricantes con código alfa numérico y por colores. Identificación de las herramientas de lubricación, Identificación de los puntos de lubricación con los mismos colores que la herramienta para tener una rápida relación visual y evitar errores.” (Hyflon, 2012)

Teniendo un mejor orden en el almacenaje de lubricantes, se podrá disponer de ellos mucho más rápido y el personal de trabajo estará más familiarizado con el tema

f.) Estrategias de preventivo:

“Punto vital si se desea reducir el tiempo de parada por fallas no previstas estén relacionadas con la vida de los lubricantes y a fin de minimizar el desgaste por fricción, esto encierra: Vaciado de aceite, Análisis de aceite, implementación y mejora de filtros de acuerdo a estándares ISO que requieran los componentes (según ISO 4406), Filtros de venteo, y si es requerido la instalación de equipos con sensores de aceite en máquinas con alto índice de criticidad.” (Hyflon, 2012)

En algunos casos el tema de lubricación no está incluido en el plan de mantenimiento, por lo que se sugiere incluirlo y comparar resultados

g.) Seguimiento, control y mejora continua

“Se propone una visita de acuerdo a la periodicidad que acordemos para verificar la correcta implementación, corregir las desviaciones y proponer nuevas técnicas y productos a medida que la ciencia de la tribología sigue avanzando.” (Hyflon, 2012)

2.2.49 Gestión de lubricantes usados

El que pasara con los lubricantes usados es un tema que encierra la contaminación del medio ambiente, así que, en la situación actual, debe ser tratado con mucho cuidado. Anteriormente no era de extrañar que este tema no tuviera mucha importancia, en muchos casos eran simplemente tratados como un líquido más y desechados a la intemperie sin tener en cuenta algún principio,

La cultura del medio ha tenido un cambio radical en estos últimos años, por lo que se crearon organismos, leyes, cláusulas de contrato, que comprometan el cuidado del medio ambiente al momento de realizar operaciones industriales.

Actualmente existen muchas empresas que se encargan del reciclaje de este tipo de sustancias, lo cual sería la opción más factible, ya que cuentan con las herramientas necesarias para realizar este proceso sin dañar el ecosistema.

De no ser ese el caso, su desecho debe ser realizado en un lugar que no comprometa la flora y fauna, así que, en coordinación con un especialista, se debe proceder a realizar esta actividad. (J. Diaz, 2006)

Desafortunadamente, este tipo de empresas en algunos casos no generan los ingresos suficientes para mantenerse en funcionamiento, y suelen cerrar, lo que genera que se almacene lubricante usado, y en algunos casos se deseché, contaminando el ambiente.

El tema de medio ambiente es algo muy complejo en la actualidad, se podría tener un tema

similar como proyecto de investigación, ya que, hasta el día de hoy, no se halló la forma perfecta de realizar una eliminación de sustancias contaminantes. (J. Diaz, 2006)

CAPÍTULO III: METODOLOGIA

3.1 Método y Alcance de la investigación

3.1.1 Método Exploratorio:

Se empleará un método exploratorio ya que “En los estudios exploratorios se abordan campos donde el problema, necesita ser aclarado y delimitado. Esto último constituye precisamente el objetivo de una investigación de tipo exploratorio. Las investigaciones exploratorias suelen incluir amplias revisiones de literatura.” (R. Jiménez, 1998). Por lo que para llegar a aclarar el objetivo de la investigación se necesitara revisar material de lectura, tales como manuales, catálogos, fichas técnicas, etc.

3.1.2 Método Explicativo:

Además, también se usará el método explicativo ya que “Los estudios explicativos parten de problemas bien identificados en los cuales es necesario el conocimiento de relaciones causa- efecto. En este tipo de estudios es imprescindible la formulación de hipótesis que, de una u otra forma, pretenden explicar las causas del problema o cuestiones íntimamente relacionadas con éstas.” (R. Jiménez, 1998). Al ser un problema identificado ya anteriormente, aun no se estudiaron todas las causas, lo cual encierra el objetivo de demostrar la importancia de selección de lubricantes.

3.2 Tipo de Investigación

Se determina que usaremos Investigación Básica, ya que “se lleva a cabo sin fines prácticos inmediatos, sino con el fin de incrementar el conocimiento de los principios fundamentales de la naturaleza o de la realidad por sí misma.” (R. Jiménez, 1998).

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Según la investigación a realizar se recolectará información de distintos equipos que requieran un proceso de lubricación, estos serán sometidos en pruebas de duración ya sea seleccionando o sin seleccionar lubricantes.

Dos cadenas de transmisión con paso de 63 mm con velocidad de 450 rpm

Dos cojinetes de diámetro de eje de 80 mm a 200 rpm

Dos engranajes de transmisión cilíndricos de tipo recto de 150 mm

Tabla 7 Lista de población
Fuente: Elaboración Propia

COMPONENTE	N.º DE COMPONENTE	COMPONENTES INTERNOS	TIPO	HORAS DE FUNCIONAMIENTO NORMAL	CANTIDAD
CADENA	200SHH-3	Cojinetes internos	Transmisión	8000	2
ENGRANAJE	PRSL6639 PI	Dientes	Recto	9000	2
COJINETE	W 6300-2RS1	Bolas	Bolas	5000	2

3.3.2 Muestra

Para el estudio de la selección de lubricantes, se hace un análisis de selección de una lista de lubricantes (según la maquina o componente que se estudia), así como también otro análisis de un lubricante ya usado, revisando las particularidades que esté presente dentro de toda la población.

Se evalúan los siguientes aspectos:

- Tiempo de funcionamiento sin selección de lubricante
- Tiempo de funcionamiento con selección de lubricante

3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

3.4.1 Técnicas de Recolección de Datos

Para un análisis antes y durante la selección de lubricante, se usará la consulta en manuales de fabricante de maquinaria, y catálogo de propiedades de lubricantes, esto con el objetivo de asegurar que se esté haciendo un correcto procedimiento de selección, que ayude a mantener al equipo en buen estado de funcionamiento.

Para el análisis después del uso de lubricantes, se emplea la revisión de tiempo de vida de lubricante usado vs tiempo de vida ideal que debió tener el lubricante, además de las particularidades que esté presente, y si es necesario un análisis en laboratorio.

3.4.2 Instrumentos de Recolección de Datos

La recolección de datos se hará mediante el llenado de registros que contengan la información del lubricante usado, fecha de aplicación, fecha de cambio y motivo de cambio. Esto con el fin de obtener un tratamiento estadístico y comparar distintos resultados en otras maquinarias

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Resultados de Tratamiento y análisis de información

Habiendo ya revisado tanto la teoría de lubricación, así como los distintos métodos de selección y aplicación, se puede proceder a revisar la información obtenida. Para esto es muy importante que el personal encargado tenga orden en las muestras obtenidas, correctamente clasificadas según maquina y componente, y guardarlas en un ambiente con las características ambientales adecuadas, ya que un exceso en los cambios de temperatura o lugares con alto índice de impurezas en el ambiente, pueden alterar los resultados de las muestras.

4.1.1 Factores que influyen en la selección del lubricante de distintos componentes y recomendaciones de trabajo

Considerando los factores y ambientes de trabajo se pudo observar:

- a.) Situaciones con alta carga y alto impacto donde intervengan engranajes, requieren lubricantes con sustancias aditivas.
- b.) Para componentes con una alta rugosidad en sus superficies, ya sea porque son de fabrica o temas de tiempo de vida, requerirán lubricantes con alto nivel de viscosidad.
- c.) No es recomendable usar lubricantes con altos niveles de EP (extrema presión) para engranajes, dificultan su tarea. Cuando sea necesario, se deberá agregar aditivos.

Tabla 8 Propiedades de los lubricantes a usar.
Fuente: *Elaboración propia*

FACTOR	PROPIEDADES A TENER EN CUENTA		
ALTAS CARGAS	VISCOCIDAD	RESISTENTE A EXTREMAS PRESIONES	AGREGAR ADITIVOS
ALTAS VELOCIDADES	VISCOCIDAD	RESISTENTE A EXTREMAS PRESIONES	AGREGAR ADITIVOS
ALTAS TEMPERATURA	VISCOCIDAD	ESTABILIDAD ANTE LA OXIDACION	AGREGAR ADITIVOS
ALTA CONTAMINACION	DEMULSIBILIDAD	RESISTENCIA A LA CORROSION	

Como se puede observar, se experimentó con diferentes tipos de lubricantes y valiéndose de datos teóricos se selecciona el tipo de lubricante que más se acomode a las exigencias

4.1.2 Tablas de Gestión de Mantenimiento de los Elementos analizados por semana

Los parámetros de gestión de mantenimiento nos indicaran cuanto tiempo es el que están disponibles los elementos a analizar

El siguiente cuadro, es un resumen de todos los datos obtenidos de un taller mecánico.

Tabla 9 Comparación de Tiempos de pare semana 1
Fuente: Elaboración propia

N°	COMPONENTE	N° SEM.	Horas Prog	Horas Trabaj.	Horas de Stand By	Horas de pare	DISPONIB %
1	Cadena sin selección de lubricante	1	48	40	8	6	87.50
2	Cadena con selección de lubricante	1	48	40	8	4	91.67
3	Cojinete sin selección de lubricante	1	48	40	8	6	87.50
4	Cojinete con selección de lubricante	1	48	40	8	4	91.67
5	Engranaje sin selección de lubricante	1	48	40	8	5	89.58
6	Engranaje con selección de lubricante	1	48	40	8	4	91.67

Tabla 10 Comparación de Tiempos de pare semana 2
Fuente: Elaboración propia

N°	COMPONENTE	N° SEM.	Horas Prog	Horas Trabaj.	Horas de Stand By	Horas de pare	DISPONIB %
1	Cadena sin selección de lubricante	2	48	40	8	7	85.42
2	Cadena con selección de lubricante	2	48	40	8	4	91.67
3	Cojinete sin selección de lubricante	2	48	40	8	5	89.58
4	Cojinete con selección de lubricante	2	48	40	8	5	89.58
5	Engranaje sin selección de lubricante	2	48	40	8	6	87.50
6	Engranaje con selección de lubricante	2	48	40	8	4	91.67

Tabla 11 Comparación de Tiempos de pare semana 3
Fuente: Elaboración propia

N°	COMPONENTE	N° SEM.	Horas Prog	Horas Trabaj.	Horas de Stand By	Horas de pare	DISPONIB %
1	Cadena sin selección de lubricante	3	48	40	8	8	83.33
2	Cadena con selección de lubricante	3	48	40	8	4	91.67
3	Cojinete sin selección de lubricante	3	48	40	8	5	89.58
4	Cojinete con selección de lubricante	3	48	40	8	3	93.75
5	Engranaje sin selección de lubricante	3	48	40	8	7	85.42
6	Engranaje con selección de lubricante	3	48	40	8	5	89.58

Tabla 12 Comparación de Tiempos de pare semana 4
Fuente: Elaboración propia

N°	COMPONENTE	N° SEM.	Horas Prog	Horas Trabaj.	Horas de Stand By	Horas de pare	DISPONIB %
1	Cadena sin selección de lubricante	4	48	40	8	8	83.33
2	Cadena con selección de lubricante	4	48	40	8	5	89.58
3	Cojinete sin selección de lubricante	4	48	40	8	6	87.50
4	Cojinete con selección de lubricante	4	48	40	8	3	93.75
5	Engranaje sin selección de lubricante	4	48	40	8	4	91.67
6	Engranaje con selección de lubricante	4	48	40	8	2	95.83

Tabla 13 Comparación de Tiempos de pare semana 5
Fuente: Elaboración propia

N°	COMPONENTE	N° SEM.	Horas Prog	Horas Trabaj.	Horas de Stand By	Horas de pare	DISPONIB %
1	Cadena sin selección de lubricante	5	48	40	8	9	81.25
2	Cadena con selección de lubricante	5	48	40	8	8	83.33
3	Cojinete sin selección de lubricante	5	48	40	8	8	83.33
4	Cojinete con selección de lubricante	5	48	40	8	4	91.67
5	Engranaje sin selección de lubricante	5	48	40	8	6	87.50
6	Engranaje con selección de lubricante	5	48	40	8	3	93.75

4.1.3 Lubricantes Usados

a.) **Casos en los que no hubo selección de lubricantes:** Para el caso en los cuales no se hizo un proceso de selección se uso un lubricante de marca Dynal.



Figura 12 Grasa Consistente multiusos
Fuente: <https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/product/45292>

b.) **Casos en los cuales si hubo selección de lubricantes:** En estos casos si hubo selección de lubricantes como se detalla en el siguiente cuadro:

ELEMENTO	TIPO DE LUBRICANTE	PROPIEDADES
Cadena	LHMT 68	Ideal para temperaturas medias y entornos cargados de polvo,
Cojinete	LGMT 2	Para uso general en la industria y para el sector de la automoción
Engranaje	LFFG 220	Cajas de engranajes cerradas, como en las máquinas de llenado o líneas transportadoras



Figura 13 Lubricante LHM 68 para cadenas

Fuente: "<https://www.skf.com/pe/products/lubrication-solutions/lubricants/chain-oils/index.html>"



Figura 14 Lubricante LGMT 2 para cojinetes

Fuente: "<https://www.skf.com/pe/products/lubrication-solutions/lubricants/>"



Figura 15 Lubricante LFG 220 para engranajes

Fuente: "<http://es.brammer.biz/product/6938588/name/LFG-220-205-GRADO-ALIMENTICIO-LUBRICANTE-ACEITE-PARA-ENGRANAJES>"

4.1.4 Gráficos:

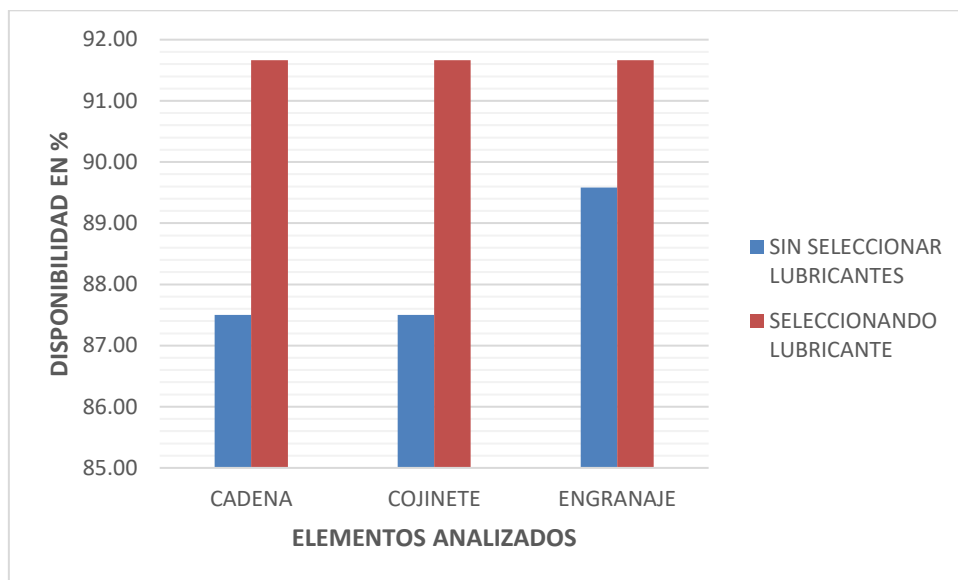


Figura 16 Comparación de Disponibilidad Semana 1
Fuente: Elaboración Propia

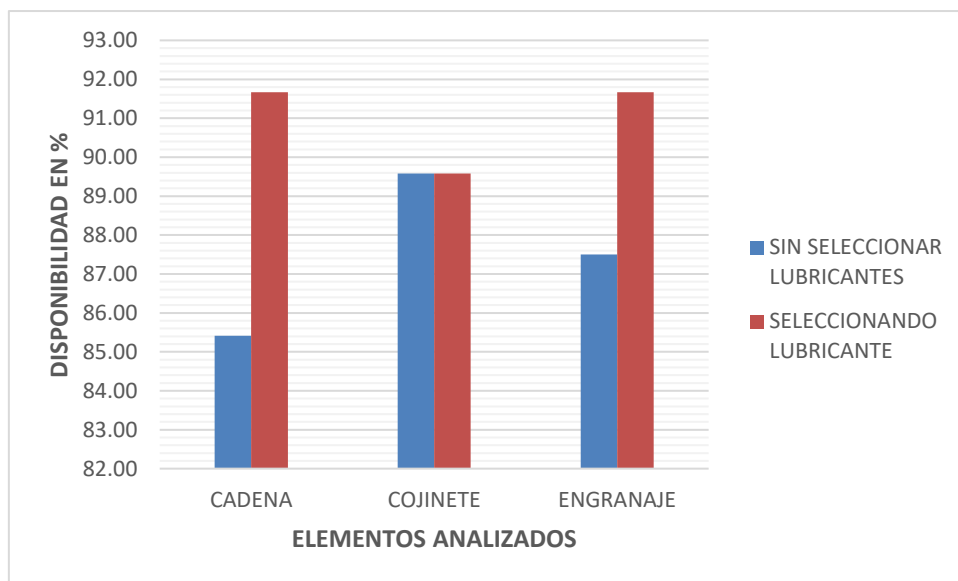


Figura 17 Comparación de Disponibilidad Semana 2
Fuente: Elaboración Propia

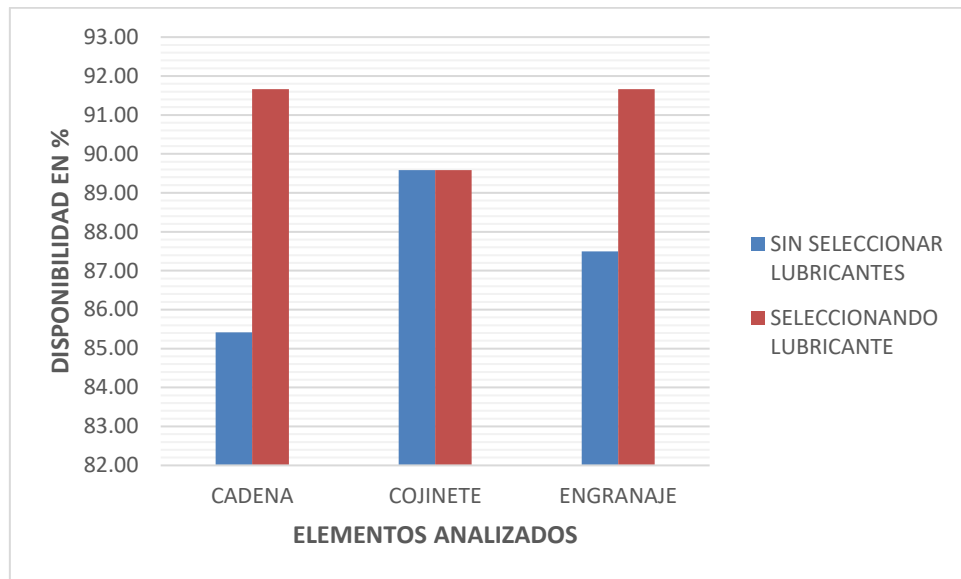


Figura 18 Comparación de disponibilidad Semana 3
Fuente: Elaboración Propia

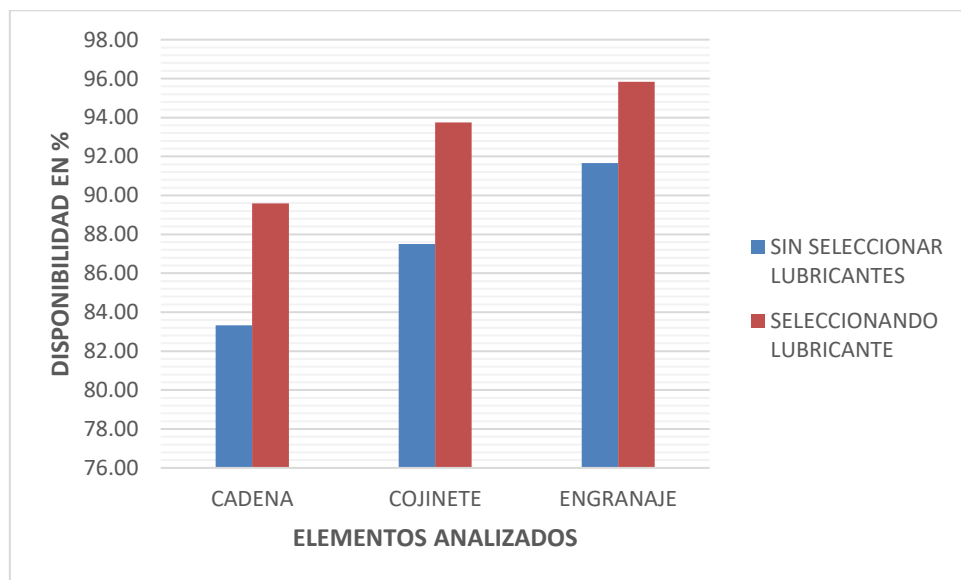


Figura 19 Comparación de disponibilidad Semana 4
Fuente: Elaboración Propia

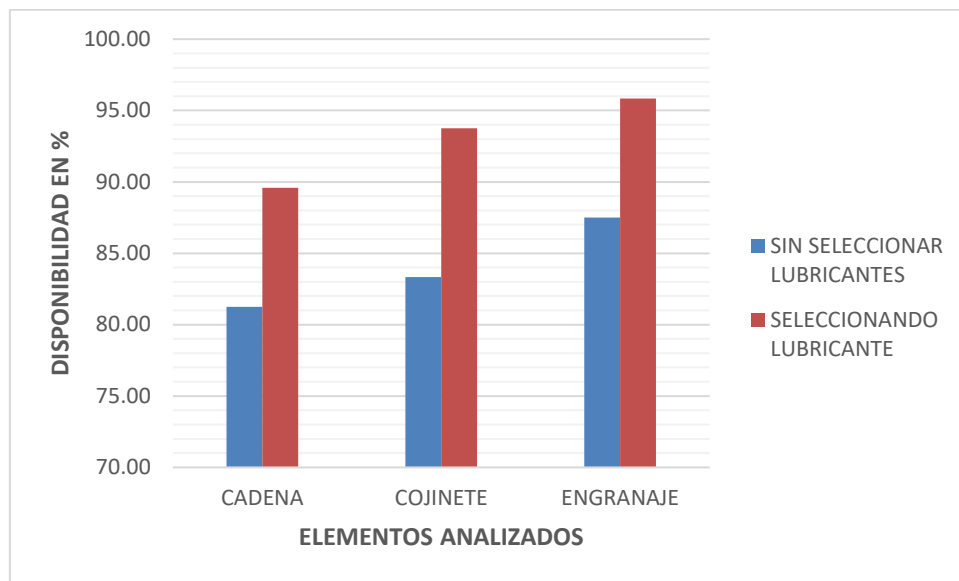


Figura 20 Comparación de disponibilidad Semana 5
Fuente: Elaboración Propia

4.1.5 Evaluación de muestras

Para realizar la evaluación, se realizaron los siguientes puntos:

- Identificar impurezas existentes en las muestras extraídas, y relacionarlas con posibles fallas futuras para evitarlas
- Detectar fuentes de contaminación cercanas que perjudiquen el funcionamiento del equipo y además contaminen muestras extraídas.
- Comparar con las especificaciones técnicas dadas por proveedor, y así saber si ya cumplieron con su vida útil. De haber ya cumplido su vida útil, hallado impurezas en exceso, significa que el lubricante ha perdido sus propiedades básicas y requiere un cambio.



Figura 21 Comparación de muestras

Fuente: "<https://ingenieromarino.com/analisis-de-lubricantes-deteccion-de-particulas-metalicas/>"

4.1.6 Reportes

Se propone el siguiente tipo de reporte

EMPRESA:	LUGAR DE TRABAJO			
CÓDIGO CLIENTE:	UNIDAD NÚMERO			
DIRECCIÓN:	EQUIPO			
FAX	COMPONENTE			
JEFE ZONA	MERCA Y MODELO			
ATENCIÓN SR.	CAPAC. DE ACEITE			
	TIPO DE ACEITE			
GRAFICA DE CONTROL				
DESGASTE				
ESTADO FÍSICO QUÍMICO				
CONTAMINACIÓN				
DIAGNOSTICO				
DIAGNOSTICO ÚLTIMA MUESTRA				
SÍNTOMAS:				
CAUSAS:				
ACCIONES:				
OBSERVACIONES:				

Figura 22 Tipo de Reporte

Fuente: "<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd542d/doc/bmfcd542d.pdf>"

4.2 Discusión de Resultados

Como se pudo observar en los resultados, los lubricantes dependerán mucho de las condiciones con las que trabajan. Se efectuaron cálculos matemáticos y se compararon con resultados analíticos, si bien ambos resultados tuvieron un índice de similitud alto, esto no quita la necesidad de hacer pruebas en laboratorios, ya que estas son más confiables al venir de la realidad en la cual, componentes y maquinas trabajan. Y tampoco se debe despreciar los cálculos matemáticos, ya que estos son nuestra base científica para poder empezar a realizar una selección de lubricante según como trabajan los componentes.

A pesar que solo se habló de ciertos componentes en este trabajo, existen un sinfín de máquinas, y piezas mecánicas que también necesitan tener una selección previa de lubricantes, hacer un estudio de todo esto demandaría un informe mucho más extenso, que si es posible hacerlo, pero se requeriría una recolección más amplia de datos y el tamaño del documento tendría una extensión mucho mayor, pero se trataron de cubrir las más básicas, ya que uno de los propósitos era hacer un documento entendible no solo para el escaso personal encargado de tareas de lubricación, sino también para conocimiento todo el personal de trabajo que este inmerso en el área de mantenimiento.

La selección del lubricante dependerá de muchos factores, no podríamos fiarnos al cien por ciento de una guía y aplicarla a ciegas, esperando tener resultados ideales, a pesar que se aplican estudios que ya fueron verificados, es una experiencia que se vive en muchos lugares de la industria, que aplicando, por ejemplo un sistema de gestión de calidad para mejorar la producción, esperan resultados inmediatos con un bajo índice de fallas, sin antes analizar la situación interna del ambiente de trabajo, lo mismo parara con la selección de un lubricante, que a pesar de haber realizado todo un extenso trabajo de investigación, y tomado datos precisos de los componentes, siempre existirá un índice de falla, y este será mucho mayor si no se toman en cuenta factores que en muchos casos no son percibibles a simple vista, como por ejemplo si tuviéramos un tema de excesivo desgaste en unos engranajes, a pesar que quizás se tomaron muestras cuidadosamente, se analizaron correctamente, y se aplica el plan de lubricación correctamente, de nada serviría hacer todo este estudio cuando la causa del problema es que el equipo está mal nivelado, lo que nos hace deducir que un solo plan de una actividad no basta, sino que todas deben seguir un orden específico.

Entonces realizar el plan de lubricación no es la solución total a los problemas de fallas, aunque se mencionó que es un paso muy importante, no resta importancia a otras tareas.

El tema de lubricación no termina en la aplicación de este, sino que también abarca el desecho

del lubricante usado, cosa que no es una tarea sencilla ya que la contaminación es una de las principales problemáticas que impiden el inicio de muchos proyectos industriales, y hasta no ser subsanados no pueden llevarse a cabo, porque afectarían a las poblaciones aledañas.

CONCLUSIONES

Se debe realizar la selección previa antes de aplicar un lubricante en algún equipo o componente, esto se logra a través de conocimientos previos en mecánica y la función que cumplen los elementos teniendo en cuenta las condiciones de trabajo

Según la función que cumpla un componente, es la base para seleccionar un lubricante adecuado para su correcto funcionamiento, este puede ser acoplado a un plan de mantenimiento específico.

Un lubricante si debe ser seleccionado, basándonos en la función de componentes y posibles fallas de no realizar este paso correctamente, estas van desde formación de pequeñas rugosidades, hasta en el fallo parcial y total del equipo.

Se hizo un estudio y se comprobó las distintas propiedades de los lubricantes al ser aplicados en máquinas y componentes, en algunos casos fue necesario el aplicar aditivos para mejorar sus propiedades y evitar así daños excesivos por rozamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Historia de la lubricación. Recurso de Internet. Sitio web de la institución de venta de lubricantes BOZZA. (Fecha de consulta 17 de noviembre de 2018). Disponible en <http://www.bozza.com/es/institucional/historia>

Fallas en la lubricación. Recurso de Internet. Sitio Web de NORIA (fecha de consulta 17 de noviembre de 2017) Disponible en <http://noria.mx/lublearn/que-es-exactamente-una-falla-de-lubricacion/>

Claves para la correcta selección de un lubricador - Dennis Lauer. Recurso de Internet. Sitio Web de NORIA (fecha de consulta 17 de noviembre de 2017) Disponible en <http://noria.mx/lublearn/tribologia-la-clave-para-la-correcta-seleccion-del-lubricante/>

Definición de Lubricantes. Recurso de Internet. Sitio Web de WIKIPEDIA (fecha de consulta 01 de diciembre de 2018) Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/Lubricaci%C3%B3n>

MARTÍNEZ, F. (2002). La tribología: ciencia y técnica para el mantenimiento. México: Limusa S.A.

Regímenes de Lubricación. Recurso de internet. Sitio web de alterevoingenieros (fecha de consulta 07 de julio de 2019). Disponible en <http://alterevoingenieros.blogspot.com/2013/04/regimenes-de-lubricacion.html>

Regímenes de Lubricación. Recurso de internet. Sitio web de alterevoingenieros (fecha de consulta 07 de julio de 2019). Disponible en: <http://www.interempresas.net/Mantenimiento/Articulos/113067Grasaslubricantescaracteristicas-ventajas-y-aplicaciones.html>

Lubricación para cadenas. Recurso de Internet. Sitio web de Brettis. (Fecha de consulta 17 de noviembre de 2018). Disponible en <https://www.brettis.com/blog/220-lubricantes-para-cadenas>.

Tipos de Rodamientos. Catálogo de Internet. Sitio web de la Rodaunion. (Fecha de consulta 7 de noviembre de 2018). Disponible en:

https://www.rodaunion.es/media/imagenes/Catalogos/Rodamientos%20y%20accesorios/FAG/Lubricacion_Rodamientos_wl_81115_4_es_es.pdf

Clasificación de Grasas Lubricantes. Recurso de Internet. Sitio web de Scribd. (Fecha de consulta 06 de junio de 2019). Disponible en:

<https://es.scribd.com/doc/183357540/Clasificacion-NLGI-para-Grasas-Lubricantes>

What is friction. Recurso de internet. Sitio web de Khanacademy. (Fecha de consulta 07 de julio de 2019). Disponible en:

<https://es.khanacademy.org/science/physics/forces-newtons-laws/inclined-planes-friction/a/what-is-friction>

Planes de Lubricación. Recurso de Internet. Sitio web de Hyflon. (Fecha de consulta 01 de julio de 2019). Disponible en:

<https://www.hyflon.com.ar/PDF/Implementacion%20de%20Plan%20de%20Lubricacion.pdf>

Mecanismos de Fricción por adhesión. Recurso de Internet. Sitio Web de Researchgate. (Fecha de consulta 27 de junio de 2019). Disponible en:

https://www.researchgate.net/figure/Figura-11-Mecanismo-de-friccion-por-adhesion-durante-el-deslizamiento-de-dos_fig1_264040856

Lubricación y Lubricantes. Recurso de Internet. Sitio Web de Monografías. Fecha de consulta 05 de julio de 2019). Disponible en:

<https://www.monografias.com/trabajos94/lubricacion-y-lubricantes/lubricacion-y-lubricantes.shtml>

Metodología de la Investigación. Recurso de Internet. Sitio Web de Filomena. Fecha de consulta 05 de mayo de 2019). Disponible en:

<https://filomena-metodologadelainvestigacin.blogspot.com/2014/04/segundo-corte-capitulo-ii-marco-teorico.html>

Clasificación de Aceites lubricantes para motores. Sitio web de ventas de CompraLubricantes S.A. (Fecha de Consulta 10 de junio de 2019). Disponible en:
<https://compralubricantes.com/blog/clasificacion-de-los-aceites-y-lubricantes-para-motor/>

Oil Classification. Recurso de internet. Sitio web de Oil7. (Fecha de consulta 10 de junio de 2019). Disponible en:
<http://www.s-oil7.com/mobile/esp/knowledge/basic/classfication.jsp>

Como seleccionar un sistema de lubricación para industrias. Sitio web de Noria. (Fecha de consulta 10 de junio de 2019). Disponible en:
<http://noria.mx/lublearn/como-seleccionar-un-sistema-de-lubricacion-para-industrias-de-proceso/>

MAURICIO F. (2017). ANÁLISIS DE DESGASTES MECÁNICOS POR TRIBOLOGÍA PARA REDUCIR COSTOS DE MANTENIMIENTO DEL MOTOR DE TRACTOR SOBRE ORUGAS D6T-CATERPILLAR (tesis de pregrado). Universidad Nacional del centro del Perú, Perú.
Disponible en:
http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1646/TESIS%20FINAL%20OBED%20MAURICIO_EMPASTAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Importancia del código de contaminación en lubricantes. Sitio web de noria. (Fecha de consulta 16 de junio de 2019). Disponible en:
<http://noria.mx/lublearn/que-tan-importante-es-el-codigo-decontaminacion-solido-iso-440699/>

Contaje de partículas. Sitio web de TEKNIKER. (Fecha de consulta 21 de junio de 2019). Disponible en:
http://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Contaje_de_part%C3%ADculas_ES.pdf

Tablas de referencia en selección de lubricantes según norma. Sitio web de WIDMAN INTERNATIONAL SRL. (Fecha de consulta 17 de junio de 2017). Disponible en:
https://widman.biz/Seleccion/iso_4406.html

ANALÍ F. & DAYTON N. (2018). PROPUESTA DE MEJORA DEL PROCESO DE LUBRICACION PARA OPTIMIZAR LA DISPONIBILIDAD DE PALAS EN UNA EMPRESA DEL RUBRO MINERO (tesis de pregrado). Universidad Privada del norte. Perú.

Disponible en

<http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14326/ANALI%20ISABEL%20MARCOS%20SALVADOR.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=65&zoom=100,0,0>

Elección de un aceite Lubricante. Sitio web de SOTERONINA. (Fecha de consulta 23 de junio de 2019). Disponible en:

<https://soteronina.files.wordpress.com/2014/02/tema-4-eleccion-de-un-aceite-lubricante.pdf>

RAMIREZ J, (2007). PLAN DE LUBRICACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO MECÁNICO PARA LA MAQUINARIA PESADA UTILIZADA EN MOVIMIENTO DE TIERRA, EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN, POR TOPSA CONSTRUCCIONES S.A. (tesis de posgrado). UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. Guatemala.

Disponible en:

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/5140/1/JULIO%20FRANCISCO%20RAMIREZ%20HERN%C3%81NDEZ.pdf>

DIAZ J. (2006). DOCUMENTO DE APOYO A LA GESTION DE MANTENIMIENTO, PARA LA SELECCION Y APLICACION DE LUBRICANTES (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile. Chile

Disponible en:

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2006/bmfcd542d/doc/bmfcd542d.pdf>

ANEXOS

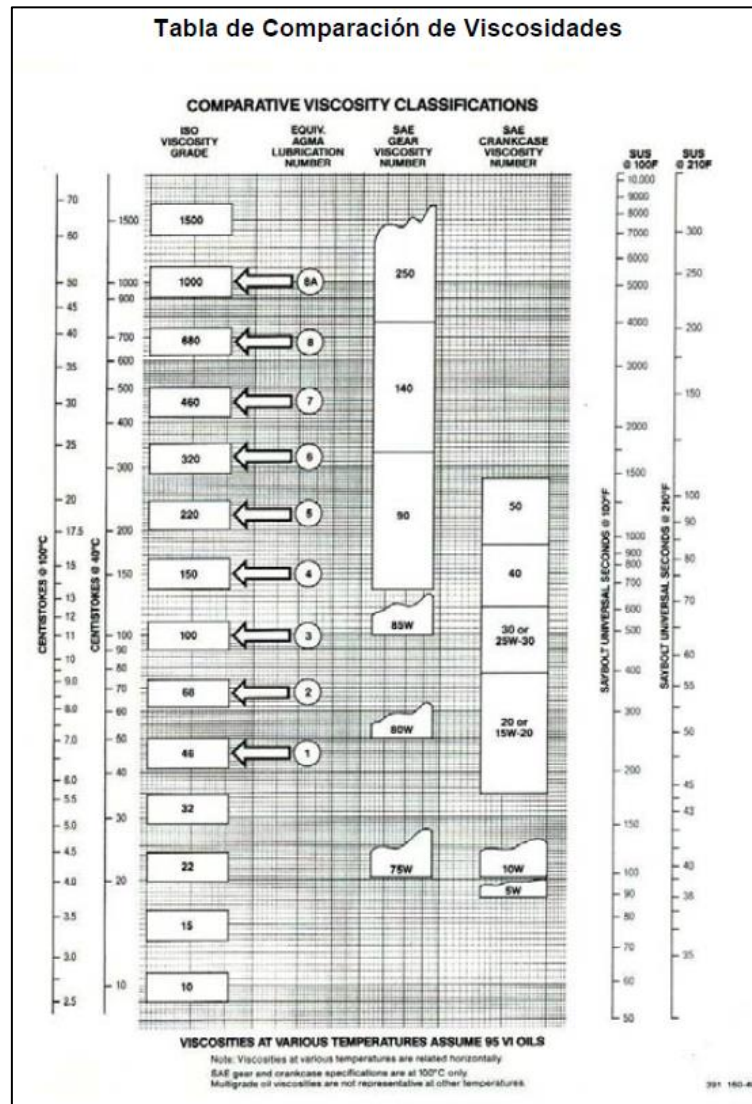
ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACION	HIPOTESIS Y VARIABLES	METODOLOGIA
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>El desconocimiento del funcionamiento interno de una maquinaria, en especial las temperaturas y tiempos de trabajo de componentes, requieren un mayor estudio del tipo de lubricante a usar, ya que no todos los elementos cumplen una misma función, es por eso que es un punto muy importante a tratar.</p> <p>PROBLEMA ESPECIFICO</p> <p>¿Se puede seleccionar un lubricante adecuado para un componente según la función que realiza?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Seleccionar, mediante el empleo de conocimientos mecánicos y físicos, el lubricante adecuado según la función de los componentes mecánicos</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <p>Diseñar un plan de lubricación interno para distintos tipos de componentes de una maquina</p> <p>Demostrar, mediante el análisis y recopilación de datos y antecedentes de fallas en máquinas y componentes mecánicos, la importancia de la selección de un lubricante para una tarea específica</p> <p>Demostrar, mediante el análisis de muestras de lubricantes, las diferentes propiedades de los lubricantes seleccionados y aplicados en distintos</p>	<p>El presente trabajo, ayudara en la selección de lubricantes y su uso en los distintos tipos de elementos mecánicos, lo cual, a largo plazo, aumentara el tiempo de funcionamiento de dichos equipos, lo cual ayuda a preservar los bienes de una empresa, mejorando el tema de costos.</p> <p>Aporta también a mejorar los conocimientos teóricos previos adquiridos, en el área de Mecánica, Termodinámica y Fluidos, ya que estos serán llevados a la práctica, en una tarea de la vida real, la cual es empleada en el día a día.</p>	<p>Hipotesis General</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se puede seleccionar el lubricante adecuado según la función de un componente mecánico <p>Hipotesis Especificas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se puede diseñar un plan de mantenimiento conociendo la función de un componente mecánico. • Es importante seleccionar un lubricante para tareas específicas que cumplan los componentes • Se puede demostrar las propiedades de los lubricantes al aplicarse en distintos componentes. 	<p>Método Exploratorio:</p> <p>Para llegar a aclarar el objetivo de la investigación se necesitara revisar material de lectura, tales como manuales, catálogos, fichas técnicas, etc</p> <p>Método Explicativo:</p> <p>Al ser un problema identificado ya anteriormente, aun no se estudiaron todas las causas, lo cual encierra el objetivo de demostrar la importancia de selección de lubricantes.</p> <p>Tipo de Investigacion:</p> <p>Se determina que usaremos Investigación Básica, ya que "se lleva a cabo sin fines prácticos inmediatos, sino con el fin de incrementar el conocimiento de los principios fundamentales de la naturaleza o de la realidad por sí misma."</p>

ANEXO 2

Tabla de comparación de Viscosidades



ANEXO 3

Clasificación NLGI para Grasas Lubricantes

“El Instituto Nacional de Grasas Lubricantes (National Lubricating Grease Institute NLGI) de los Estados Unidos, ha establecido una clasificación para las grasas basadas en la medida de la consistencia a través del método ASTM D217. Esta prueba consiste en medir la profundidad (en décimas de mm), a la cual un cono de metal penetra en una muestra de grasa después de una caída libre a determinada temperatura. La penetración trabajada da una indicación más exacta de la consistencia de la grasa durante el servicio; en el laboratorio este ensayo se efectúa en un equipo especial, en donde se somete la grasa a una agitación interna por un cierto tiempo, antes de la prueba de penetración con el cono de metal. La principal ventaja de las grasas lubricantes es que permanecen en la región del rodamiento ya que por su consistencia tienden a resistir los efectos gravitacionales. Además, un exceso de grasa sobre los sellos actúa como sello adicional contra el ingreso de contaminantes exógenos que pudieran ingresar al elemento rodante y causar desgaste o deterioro prematuro. Las grasas lubricantes se diferencian entre sí por sus tipos de espesante, el tipo y viscosidad del aceite base y su consistencia o dureza. Hay grasas con espesantes de jabón y grasas con espesantes no jabonosos. En ambos grupos, el aceite base puede consistir en un aceite mineral o uno sintético. La capacidad de flujo de una grasa se determina por la viscosidad del aceite base y el tipo y porcentaje de jabón utilizado para la formulación. Además, se verá afectada esta propiedad al exponer a la grasa a factores de aplicación como: temperatura, presión, el esfuerzo de corte al que se expone y la frecuencia con la que se expone a este esfuerzo. La información sobre la penetración trabajada o no trabajada (también llamada consistencia) de una grasa solo proveen un indicativo de que tan dura o blanda es. Esta información es importante cuando se debe seleccionar una grasa para:” (Widman International, 2018)

“Saber si se puede aplicar el producto con una central de lubricación. (NLGI 000 a 2)


Saber si se puede aplicar en engranajes cerrados en caja cerrada por su capacidad de fluir y volver a asentarse (NLGI 000 a 0)

Saber si tiene la consistencia requerida para lubricar engranajes (NLGI 1 a 3)

Saber si la dureza es suficiente para realizar tareas de sellado en válvulas, armaduras, guías, etc.” (Widman International, 2018)

ANEXO 4

FORMATO CHECKLIST IDEAL PARA EL CONTROL DE LUBRICACION

		MANTENIMIENTO PREVENTIVO CHECKLIST DE LUBRICACIÓN							
									FECHA:
Nº	MÁQUINA	MECANISMO	CAP. LITROS	REVISIÓN NIVEL	CAMBIO TOTAL	FECHA CAMBIO	PRÓXIMO CAMBIO	LUBRICANTE	REALIZADO/OBSERVACIONES
2	TORNO GURUTZPE	CÁRTER CABEZAL	24			12/09/2014	12/03/2015	HIDRÁULICO 46	
2	TORNO GURUTZPE	CAJA DE AVANCES	4			12/09/2014	12/03/2015	SAE 30	
2	TORNO GURUTZPE	CÁRTER DELANTAL	1,5			03/10/2014	03/04/2015	SAE 30	
2	TORNO GURUTZPE	GUÍAS DE BARRAS	0,5			Revisión nivel semanal		SAE 30	
3	TORNO GURUTZPE	CÁRTER CABEZAL	24			19/09/2014	19/03/2015	HIDRÁULICO 46	
3	TORNO GURUTZPE	CAJA DE AVANCES	4			19/09/2014	19/03/2015	SAE 30	
3	TORNO GURUTZPE	CÁRTER DELANTAL	1,5			29/08/2014	29/02/2015	SAE 30	
3	TORNO GURUTZPE	GUÍAS DE BARRAS	0,5			Revisión nivel semanal		SAE 30	
4	TORNO GEMINIS GE 870	CÁRTER CABEZAL	40			05/09/2014	05/03/2015	HIDRÁULICO 46	
4	TORNO GEMINIS GE 870	CAJA DE AVANCES	5			05/09/2014	05/03/2015	SAE 30	
4	TORNO GEMINIS GE 870	CÁRTER DELANTAL	1,5			13/06/2014	13/01/2015	SAE 30	
4	TORNO GEMINIS GE 870	GUÍAS DE BARRAS	0,5			Revisión nivel semanal		SAE 30	
5	TORNO PARELELO GURUTZPE	CÁRTER CABEZAL	70			15/07/2013	15/01/2014	SAE 10	
5	TORNO PARELELO GURUTZPE	CÁRTER CAJA AVANCE	30			15/07/2013	15/01/2014	SAE 30	
5	TORNO PARELELO GURUTZPE	CÁRTER CARRO PRINCIPAL	4,5					CEPSA GUÍAS 68	
6	MANDRINADORA HORIZONTAL	CÁRTER CAJA VELOCIDAD	20			20/06/2014	20/12/2014	ISO 100	
6	MANDRINADORA HORIZONTAL	CÁRTER LUBRICACIÓN GUÍAS	1					HIDRÁULICO 46	
6	MANDRINADORA HORIZONTAL	CÁRTER MESA	30			20/06/2014	20/12/2014	ISO 100	
7	FRESADORA HORIZONTAL ZAYER	CÁRTER ENGRASE AUT	4			20/06/2014	20/10/2014	HIDRÁULICO 68	
7	FRESADORA HORIZONTAL ZAYER	GRUPO HIDRÁULICO	16			12/09/2014	12/01/2015	HIDRÁULICO 46	
7	FRESADORA HORIZONTAL ZAYER	CÁRTER VELOCIDADES	7,5			26/09/2014	26/01/2015	HIDRÁULICO 46	
7	FRESADORA HORIZONTAL ZAYER	ELECTRO-EMBRAGUE	32			18/01/2013	18/05/2013	HIDRÁULICO 46	
	TALADRO CCP (NUEVO)	CÁRTER CAJA VELOCIDADES							
	TALADRO CCP (NUEVO)	MECANISMO DE AVANCE	5			04/04/2014	04/10/2014	SAE 30	
	PUNZONADORA GEKA HIDRACROP	ENGRASE (8 PUNTOS)				29/08/2014		GRASA LÍTICA EP 2	
	PUNZONADORA GEKA HIDRACROP	CÁRTER SISTEMA HIDRÁULICO						HIDRÁULICO 46	

Firma Operario

VºBº Supervisor

Nombre:

Apellidos:

EL OPERARIO RECONOCE SABER UTILIZAR LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL ASÍ COMO UTILIZARLOS CUANDO SEA NECESARIO Y CUMPLIRÁ CON LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD CORRESPONDIENTES DELA PISTA MANEJA, NO MANEJARA EN LA MANTENIMIENTA BAJO NINGUN CONCEPTO EN LA CUAL NO HAYA SIDO FORMADO DEBIDAMENTE POR PERSONAL AUTORIZADO DE SUP.

Formato modelo de una correcta revisión de lubricación, para equipos mecánicos, si se desea analizar otros componentes, bastara con reemplazar en la columna de máquinas el elemento a inspeccionar.

ANEXO 5

TABLA ISO 4406:1999 PARA CODIGO DE LIMPIEZA

Código de Limpieza ISO 4406:1999

Código de Rango	Partículas por 100 ml de fluido	
	Más de	Hasta y incluyendo
24	8,000,000	16,000,000
23	4,000,000	8,000,000
22	2,000,000	4,000,000
21	1,000,000	2,000,000
20	500,000	1,000,000
19	250,000	500,000
18	130,000	250,000
17	64,000	130,000
16	32,000	64,000
15	16,000	32,000
14	8,000	16,000
13	4,000	8,000
12	2,000	4,000
11	1,000	2,000
10	500	1,000
9	250	500
8	130	250
7	64	130
6	32	64

ANEXO 6
TABLA SAE J300

SAE J300 - Revisión Enero 2015					
Viscosidad SAE	Arranque en Frio (cP)	Bombeabilidad en Frio (cP)	Mínima Cinemática (cSt)	Máxima Cinemática (cSt)	Cizallamiento en alta temperatura (cP)
0W	6,200 a -35°C	60,000 a -40°C	3.8	-	-
5W	6,600 a -30°C	60,000 a -35°C	3.8	-	-
10W	7,000 a -25°C	60,000 a -30°C	4.1	-	-
15W	7,000 a -20°C	60,000 a -25°C	5.6	-	-
20W	9,500 a -15°C	60,000 a -20°C	5.6	-	-
25W	13,000 a -10°C	60,000 a -15°C	9.3	-	-
8	-	-	4	<6.1	1.7
12	-	-	5	<7.1	2.0
16	-	-	6.1	<8.2	2.3
20	-	-	6.9	<9.3	2.6
30	-	-	9.3	<12.5	2.9
40	-	-	12.5	<16.3	3.5 (0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	12.5	<16.3	3.7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40 monogrado)
50	-	-	16.3	<21.9	3.7
60	-	-	21.9	<26.1	3.7

ANEXO 7
TABLA SAE J306

Grado de Viscosidad SAE	Temperatura Máxima para una viscosidad de 150,000 cP (°C) ASTM D 2983	Viscosidad Cinemática Mínima * (cSt) a 100°C ASTM D 445	Viscosidad Cinemática Máxima (cSt) a 100°C ASTM D 445
70W	-55°C	4.1	-
75W	-40°C	4.1	-
80W	-26°C	7.0	-
85W	-12°C	11.0	-
80	-	7.0	<11.0
85	-	11.0	<13.5
90	-	13.5	<18.5
110	-	18.5	<24.0
140	-	24.0	<32.5
190	-	32.5	<41.0
250	-	41.0	-

ANEXO 8
TABLA DE VISCOCIDAD DIN 51519

Viscosidad ISO	Viscosidad a 40 °C [mm²/s]	Límites de viscosidad	
Nominal	Media	Mínima	Máxima
ISO VG 2	2.2	1.98	2.42
ISO VG 3	3.2	2.88	3.52
ISO VG 5	4.6	4.14	5.06
ISO VG 7	6.8	6.12	7.48
ISO VG 10	10	9.00	11
ISO VG 15	15	13.50	16.5
ISO VG 22	22	19.80	24.2
ISO VG 32	32	28.80	35.2
ISO VG 46	46	41.40	50.6
ISO VG 68	68	61.20	74.8
ISO VG 100	100	90.00	110
ISO VG 150	150	135.00	165
ISO VG 220	220	198.00	242
ISO VG 320	320	288.00	352
ISO VG 460	460	414.00	506
ISO VG 680	680	612.00	748
ISO VG 1000	1000	900.00	1100
ISO VG 2200	2200	1,980.00	2420
ISO VG 3200	3200	2,880.00	3520